



#chantier #résilienceclimatique #bétonsdécoratifs #chaleur #gestiondel'eau #durabilité #désimperméabilisation
#îlotsdechaleur #ciments #albédoélevé #bétonrecyclé #harmoniebéton&nature

Résilience urbaine

**Le béton, matériau-clé pour aménager
de manière responsable
en alliant harmonie et durabilité**

SOMMAIRE

■ Introduction	P. 2
■ Comprendre la résilience urbaine	P. 3
■ L'adaptabilité et la durabilité sont des éléments-clés dans l'urbanisme moderne	P. 6
■ Les défis climatiques actuels	P. 6
■ Le rôle du béton dans la résilience urbaine : quelles propriétés ?	P. 7
■ Innovations dans le béton pour la résilience urbaine	P. 11
■ Défis et perspectives	P. 14
■ Conclusion	P. 14
■ Exemples de chantiers	P. 15
■ #01 Projet de requalification urbaine à Laval	P. 15
■ #02 Projet de transformation de la cour de la crèche Charles-Auguste-Marande au Havre	P. 17
■ #03 Projet de réaménagement de la cour du collège François-Mitterrand à Noisy-le-Grand	P. 20
■ #04 Projet de réhabilitation de la cour de l'école élémentaire Raymond-Poincaré à Thionville	P. 23

Photo d'ouverture :

Tramway à Marseille. Couplé à une trame verte, le béton « invisible » apporte toujours ses qualités structurantes et durables.

©Carrières et Bétons Bronzo Perasso

Résilience urbaine : le béton, matériau-clé pour aménager de manière responsable en alliant harmonie et durabilité

INTRODUCTION

Dans un monde où les événements climatiques sont de plus en plus brusques, fréquents et intenses, la résilience urbaine est devenue une priorité pour toutes les villes du globe.

Le béton – souvent perçu du grand public comme un matériau robuste, avec une durée de vie longue – apporte aujourd'hui, grâce à ses propriétés physiques (clarté, albédo élevé) et mécaniques (module d'élasticité élevé) et à la richesse de l'offre fonctionnelle (béton drainant, béton esthétique, béton recyclé, etc.), sa contribution à la conception d'infrastructures urbaines résilientes face aux changements climatiques.

À l'aide de quatre exemples de chantiers originaux, cet article explore comment le béton peut participer à la résilience des villes face aux inondations et aux vagues de chaleur, tout en mettant en lumière des innovations et des pratiques exemplaires. Le béton clair pour la réduction de chaleur, le béton drainant pour la gestion des eaux pluviales, la végétalisation intégrée dans le béton pour favoriser la renaturation en ville ou les matériaux recyclés pour limiter le prélèvement des ressources naturelles sont autant de solutions adaptées aux enjeux actuels et à venir.

Ci-dessous.

↓ À Toulouse, béton désactivé clair résistant aux charges lourdes canalisées sous forte chaleur. ©Groupe Sols



Enfin, rappelons qu'anticiper les impacts du changement climatique sur les infrastructures permettra de :

- Garantir la continuité des services de secours lors des épisodes extrêmes #sécurité ;
- Assurer l'activité économique locale et les mobilités pendant ces épisodes (ou à la suite de ceux-ci) #impactssociauxetéconomiques ;
- Limiter les désordres techniques, les coûts de remise en service et les impacts environnementaux associés #lebonmatériausladurée.

RENDRE LES INFRASTRUCTURES DE TRANSPORT RÉSILIENTES

Un euro dépensé aujourd'hui pour adapter une route, c'est 4 à 6 euros qu'on ne dépensera pas dans les années à venir.

Source : Cerema, « Les élus territoriaux face au défi climatique. 8 clés pour adapter son territoire », 2024.

LES IMPACTS ATTENDUS DU RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE EN FRANCE

18 % des communes françaises sont soumises à un niveau fort d'exposition au changement climatique et 30 % à un niveau moyen. La trajectoire climatique de référence (TRACC) prévoit une augmentation des températures moyennes de 2°C en 2030, de 2,7°C en 2050 et de 4°C en 2100.



Hausse des températures moyennes, vagues de chaleur plus fréquentes et plus intenses, épisodes de sécheresse plus nombreux



Modification de la biodiversité



Hausse du niveau de la mer avec impact sur le trait de côte et risque de submersion accru



Précipitations extrêmes avec risque d'inondation plus fréquent



Mouvements de terrain suite aux pluies ou à la sécheresse : glissements, chutes de blocs, retrait, gonflement des argiles, etc.



Accélération de la fonte des glaciers en montagne

Source : ministère chargé de la Transition écologique.

LA PLACE DE LA VILLE

Au niveau mondial, en 2021, le taux de population urbaine est de 56 %. Cette tendance devrait se poursuivre, avec un doublement de la population urbaine attendu pour 2050, soit environ sept personnes sur dix (Nations unies, Division de la population, 2023 ; La Banque mondiale, 2023). Cette augmentation s'est accompagnée de celle de la superficie des zones urbaines.

Cependant, l'urbanisation des populations et des territoires diffère en fonction des régions du monde. Les pays développés voient l'expansion de leurs zones urbaines ralentir.

En France métropolitaine, en 2021, près de 79 % de la population se situe en unités urbaines, ces dernières représentant environ 24 % de la superficie du pays (source : Insee).

Les villes ont donc un rôle prépondérant à jouer dans la lutte contre le changement climatique. Mais elles doivent aussi s'adapter et se développer afin de répondre à des objectifs d'écologie, de résilience et d'inclusion (La Banque mondiale, 2023).

Source : <https://www.pn-issu.fr/>

COMPRENDRE LA RÉSILIENCE URBAINE

Définition

On peut définir la résilience urbaine comme la capacité d'une ville à anticiper des événements climatiques intenses, à y répondre et à s'en remettre.

Le vocable de « résilience urbaine » regroupe des compétences diverses relevant des champs de l'urbanisme, de l'architecture, des infrastructures, de l'ingénierie, de l'économie, de la géographie, de la sociologie, etc. Il donne lieu à de multiples traductions en termes de problématique et de développement méthodologique, permettant alors le dialogue entre ces disciplines, bien souvent segmentées. Il ne se résume pas à l'aménagement urbain. Cet article traite uniquement du sujet de la résilience des aménagements.

Cette capacité est cruciale pour minimiser les impacts négatifs sur les infrastructures, la santé publique et l'économie. Ainsi, une ville résiliente peut rapidement rétablir ses services essentiels après une tempête ou une inondation, réduisant ainsi les perturbations pour ses habitants.

Un exemple notable de béton ayant résisté à une tempête est le béton armé utilisé dans les infrastructures côtières. Les digues et les jetées construites en béton armé ont montré une grande résistance aux tempêtes violentes et aux conditions météorologiques extrêmes. La digue de Bormes-les-Mimosas, réaménagée avec des blocs en béton, en est un bon exemple.

Ci-contre.

→ Brise-lames avec tétrapodes en béton.
©Galih Pradipta/Shutterstock



Central Park, l'un des parcs urbains les plus emblématiques au monde, utilise des surfaces en béton pour ses allées. Ce matériau a été choisi pour sa durabilité face aux variations climatiques de New York, qui incluent des hivers rigoureux et des étés chauds. Les allées en béton résistent bien à l'usure causée par le passage fréquent des piétons, des cyclistes et des véhicules autorisés ou touristiques (du type calèches), tout en nécessitant un entretien minimal.

Le béton peut également être choisi pour sa durabilité face aux hivers froids, comme au parc Jean-Drapeau de Montréal, qui utilise des surfaces en béton pour ses allées colorées.



Ci-dessus de gauche à droite.
↑ Orniérage du matériau bitumineux à Central Park, à New York. ©Damien Meyer
↑ Biosphère et aménagements des allées du parc Jean-Drapeau à Montréal. ©Shawn.ccf/Shutterstock

Les surfaces en béton sont également conçues pour résister aux conditions climatiques humides et froides. Notamment, le béton drainant est utilisé sur les places publiques pour gérer les eaux pluviales, permettant à l'eau de s'infiltrer et réduisant ainsi le risque d'inondation, tout en restant fonctionnel et esthétique. Israels Plads, à Copenhague, en est un bon exemple ou le parvis de l'église de Montigny-lès-Cormeilles (95), située en contrebas de la route.



Ci-dessus de gauche à droite.

↑ Béton drainant en aménagement désimperméabilisé à Montigny-lès-Cormeilles. ©Maloudebo ↑ Aménagements et dallages en béton d'Israels Plads à Copenhague. ©Oliver Foerstner/Shutterstock

Nombreux sont les aménagements routiers où le béton a été choisi pour sa résistance à la déformation, lorsque les températures locales sont élevées.

La solution « béton » a été retenue pour réaliser les voies de freinage et d'arrêt du bus à haut niveau de service (BHNS) dans le quartier de La Fourragère du 12^e arrondissement de Marseille. Ce choix garantit la durabilité des voies de circulation face aux contraintes liées au trafic lourd canalisé et aux sollicitations mécaniques fortes observées lors du freinage des bus, toutes deux amplifiées par les températures élevées mesurées localement.



Ci-dessus.

↑ Voie de freinage de bus à Marseille. ©Carrières et Bétons Bronzo Perasso

RÉSILIENCES

Le mot « résilience » provient du latin « *resilire* » qui signifie « sauter en arrière » ou « rebondir » (cf. *Dictionnaire historique de la langue française*, dirigé par Alain Rey). Il a été utilisé en physique, à partir du XVIII^e siècle, pour décrire la capacité d'un matériau à revenir à son état initial, après avoir été perturbé par un choc ou par une contrainte intense et brusque.

Plus récemment, le mot « résilience » a été introduit en écologie pour décrire comment un système parvient à retrouver son équilibre, après avoir subi une perturbation majeure.

Cette notion s'est propagée dans beaucoup de domaines, tels que l'économie, les infrastructures, la sécurité, la société, le management, l'informatique, etc.

Aujourd'hui, le concept de résilience est partout autour de nous. Il s'applique à un système simple ou à un système composé et, dans ce dernier cas, l'on parle de « résilience globale ». La résilience urbaine relève de la résilience globale, car elle intègre des composantes variées, telles que la société, la biodiversité, les infrastructures, la télécommunication, les services, etc.

L'ADAPTABILITÉ ET LA DURABILITÉ SONT DES ÉLÉMENTS-CLÉS DANS L'URBANISME MODERNE

L'adaptabilité permet aux villes de s'ajuster aux changements climatiques, tandis que la durabilité contribue à une meilleure résistance des infrastructures aux conditions extrêmes sur le long terme. Des bâtiments conçus pour résister aux tremblements de terre ou des systèmes de drainage capables de gérer des précipitations intenses sont des exemples, respectivement, de durabilité et d'adaptabilité.

Un exemple remarquable de construction en béton ayant résisté à un tremblement de terre est la Torre Reforma à Mexico.

Ce gratte-ciel de 246 m est protégé grâce à deux murs en béton armé cisailé et à une façade en verre munie de charnières flexibles. En dépit de quelques fissures, la Torre Reforma a survécu au séisme de 2017, de magnitude 7,1, démontrant l'efficacité des techniques de construction parasismiques.

Ci-dessous.

↓ La Torre Reforma, gratte-ciel de 246 m à Mexico.

©Atosan/Shutterstock



LES DÉFIS CLIMATIQUES ACTUELS

Les villes font face à une augmentation des températures, des inondations, des tempêtes et autres phénomènes météorologiques extrêmes. Ces défis nécessitent des solutions innovantes ou éprouvées pour protéger les infrastructures et les populations. Par exemple, les vagues de chaleur peuvent causer des problèmes de santé et de sécurité publique et engendrer des travaux d'entretien plus réguliers, tandis que les inondations vont conduire à des désordres qui peuvent atteindre les fondations des ouvrages.

L'impact de ces événements sur les infrastructures, la santé publique et l'économie est considérable. Les dommages subis par les infrastructures entraînent des coûts de réparation élevés, tandis que les problèmes de santé publique augmentent les dépenses médicales et réduisent la productivité. Les inondations causent des dommages aux réseaux de transport, perturbant les déplacements et les activités économiques.

ANTICIPER LES RISQUES D'INONDATION

18,5 millions d'habitants sont exposés aux risques d'inondation par submersion marine ou par débordement de cours d'eau.

Source : ministère chargé de la Transition écologique.

ALÉAS CLIMATIQUES : DES CONSÉQUENCES ÉCONOMIQUES

Les risques climatiques ont changé d'échelle : en France, leur coût est passé de 1,5 milliard d'euros par an, en moyenne, entre 1982 et 1989, à 6 milliards entre 2020 et 2023. L'année 2023 est devenue la troisième année la plus coûteuse pour la profession, avec 6,5 milliards d'euros d'indemnisations.

Source : <https://www.franceassureurs.fr/risques-climatiques-et-assurance/>

LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ACCÉLÈRE AUSSI LE VIEILLISSEMENT DES INFRASTRUCTURES

Si les infrastructures ne sont pas systématiquement détruites, elles sont de plus en plus fragilisées par les effets du dérèglement climatique.

Prenons les canicules. Sur les routes, certains bitumes peuvent fondre, si la chaussée dépasse les 40 °C. On assiste alors à des phénomènes de ressuage : les liants remontent à la surface et créent des bandes noires et molles qui viennent adhérer aux pneus. Un phénomène dangereux, surtout pour les deux-roues ou les camions, qui vont « arracher la route ».

Les vagues de chaleur attaquent aussi les rails et les caténaires, perturbant le trafic ferroviaire. En effet, les rails sont en acier. Quand la température extérieure atteint 37 °C, celle du rail est de 55 °C : il peut se déformer.

53 % des départements français ont été touchés par une inondation entre novembre 2023 et juin 2024.

× 6
en 2050

Le coût des dommages sur le transport sera multiplié par trois d'ici à 2035 et par six d'ici à 2050, en raison des aléas climatiques.

Source : Carbone 4

- 30 à 50 %
C'est la baisse de la durée de vie

déjà observée pour les infrastructures de transport en montagne à cause des conditions climatiques.

Source : Cour des comptes 2022

206
tronçons routiers

détruits en France d'ici à 2050, à cause de l'érosion des côtes.

Source : Cerema

Source : <https://www.adaptation-changement-climatique.gouv.fr/dossiers-thematiques/secteurs-d-activites/infrastructures-transport>

DES GAZ À EFFET DE SERRE AUX STRATÉGIES D'ADAPTATION

Les émissions de gaz à effet de serre s'accumulent dans l'atmosphère, provoquant le réchauffement climatique. Celui-ci se traduit par une augmentation légère de la température moyenne terrestre. Ce réchauffement, même modeste, modifie le comportement des masses d'air de l'atmosphère dans leur ensemble, ce qui provoque des changements climatiques à l'échelle du globe, affectant le niveau des températures moyennes, le régime des précipitations et des vents, mais aussi la fréquence des phénomènes extrêmes.

Parallèlement, les villes s'étendent de plus en plus et se densifient à cause de l'exode rural et de la démographie en augmentation, ce qui entraîne une amplification des effets induits par le changement climatique. Ainsi, dans les villes, on enregistre des températures plus élevées que dans les territoires végétalisés non bâtis (+ 3 à 7 °C). En période de canicule, la santé et la qualité de vie des habitants y seront d'autant plus affectées. Dans certaines zones, mal aérées et dépourvues de végétation, ce phénomène est encore plus marqué : on les appelle « îlots de chaleur urbains » (ICU). En cause et sans être exhaustif, l'on peut citer :

- L'urbanisme des villes (mauvaise circulation de l'air) ;
- L'abondance des surfaces sombres qui emmagasinent la chaleur ;
- Les surfaces imperméables qui favorisent le ruissellement des eaux de surface et limitent donc la pénétration de l'eau dans les supports, bénéfique pour l'alimentation des végétaux de surface et des nappes phréatiques ;
- La rareté de la végétation ;
- La climatisation, qui rejette des calories dans l'air extérieur des villes.

Il faut anticiper le changement climatique pour que les sociétés humaines et les écosystèmes naturels puissent le supporter et se préparer aux nouvelles conditions de vie. On parle alors d'« adaptation au changement climatique ». Par la prospective, nous serons moins vulnérables et moins contraints de prendre des mesures dans l'urgence.

Pour y parvenir, il faut modifier nos modes de vie, mettre en œuvre des politiques nouvelles et des solutions adaptées. Cette évolution est en cours et les idées se multiplient. Les collectivités locales jouent un rôle important dans l'adaptation au changement climatique, car elles influent sur la planification et l'aménagement territorial. Elles ont déjà commencé à expérimenter des solutions :

- La végétalisation (création de trames vertes, plantation d'arbres, murs et terrasses végétalisés, etc.), qui procure de l'ombre, freine le réchauffement des bâtiments et favorise l'évapotranspiration rafraîchissant l'atmosphère ;
- L'utilisation de surfaces claires ;
- L'adoption de moyens passifs de rafraîchissement des bâtiments (puits climatique, architecture bioclimatique, isolation adéquate, etc.), qui ne consomment pas d'énergie ;
- Un urbanisme adapté aux climats locaux et favorisant une bonne circulation de l'air en ville ;
- L'adaptation des documents d'urbanisme aux réalités du changement climatique ;
- L'augmentation des surfaces drainantes et la multiplication des zones d'infiltration.

Le béton accompagne ces évolutions en proposant une gamme de solutions qui répondent aux nouvelles exigences de clarté, de perméabilité et de solidité.

LE RÔLE DU BÉTON DANS LA RÉSILIENCE URBAINE : QUELLES PROPRIÉTÉS ?

Durabilité et longévité

Le béton est reconnu pour sa résistance aux intempéries et aux sollicitations mécaniques répétées, ce qui en fait un matériau de choix pour les infrastructures urbaines durables. Ainsi, la promenade du bord de mer à Saint-Valéry-en-Caux utilise des surfaces en béton pour ses différents aménagements. Le béton a été choisi pour ses atouts esthétiques et sa durabilité face aux conditions climatiques océaniques.



↑ Ci-dessus.

Bétons d'aménagement résistants aux embruns à Saint-Valéry-en-Caux. ©Maloudebo

DURABILITÉ DU BÉTON

La durabilité intrinsèque du béton est souvent mise en avant. Mais de quelle durée parle-t-on et comment la garantir ?

Lorsque le béton est conforme à la norme NF EN 206 + A2/CN, qui définit les spécifications, performances, production et conformité des bétons dits « structurels », sa durabilité est de cinquante ans au minimum. Cette dernière est étroitement liée à la classe d'exposition du béton, qui traduit les différentes agressions auxquelles il sera soumis pendant sa durée de vie. Il est de la responsabilité du prescripteur (généralement, le maître d'ouvrage ou le maître d'œuvre) de bien définir la classe d'exposition de son béton, cette dernière conduisant le formulateur à respecter un certain nombre de prescriptions en vue d'en garantir la durabilité. Dans le cas particulier des bétons de chaussée, cela ne suffit pas : il faudra également se conformer aux normes NF EN 13877-1 « Chaussées en béton – Partie 1 : Matériaux » et NF P 98-170 « Chaussées en béton de ciment – Exécution et contrôle ».

Enfin, le seul respect de ces normes ne suffira pas à garantir la durabilité de l'ouvrage. Il conviendra également de :

- Bien dimensionner l'ouvrage et, notamment, les épaisseurs de béton et autres matériaux de structures supports selon la norme NF P 98-086 « Dimensionnement structurel des chaussées routières – Application aux chaussées neuves » ;
- Respecter les règles de l'art et les normes concernant la mise en œuvre du béton : notamment, la disposition des éventuelles armatures et des goujons, le serrage (vibration) du béton frais, la réalisation des joints de retrait et de dilatation, la construction selon un calepinage adapté, la réalisation de la cure, une fois le béton coulé ;
- Réaliser l'entretien approprié, comme le regarnissage des joints ou la régénération de l'adhérence de surface.

Ci-dessous.

↓ Poinçonnement de caddies de supermarché et solution composite « métal-dalles en béton ».
©Cédric Le Gouil



Rigidité et résistance aux températures élevées

Suffisamment rigide pour ne pas se déformer

Dans le monde des matériaux routiers, les bétons sont de loin les plus rigides avec des modules élastiques compris entre 25 et 45 GPa. Cela leur confère une excellente résistance aux déformations :

- Pas besoin de leur faire passer un essai d'orniérage ;
- Pas besoin de les contraindre sur les côtés par des bordures : le béton ne flue pas dans les conditions de contraintes routières. En revanche, attention aux ruptures mécaniques de bord en cas de charges lourdes ;
- Pas de poinçonnement, s'il est soumis à des charges statiques (conteneurs, caddies, bécquilles de motos-vélos, barrières de sécurité ou de protection, talons aiguilles, etc.).
- Pas de déformation lorsqu'il est soumis à des charges canalisées et à du trafic lent (voies bus-tramway, péages, arrêts carrefour, etc.) ;
- Pas de déformation liée au cisaillement (giratoire, parking PL, etc.).

Pas d'impact à température élevée

Le béton présente l'avantage de performances constantes – généralement évaluées en laboratoire – malgré l'augmentation des températures. Dans les conditions routières, on peut considérer que les bétons sont comme « insensibles à la chaleur » :

- Jusqu'à 150 °C : leur rigidité est constante, donc toujours pas de déformation ;
- Jusqu'à 500-600 °C : pas de perte de résistance.

On a donc :

- Un maintien des caractéristiques de surface (texture, adhérence), qui permet de garantir le confort ainsi que la sécurité et de réduire la consommation de carburant (cf. Eupave : <https://www.eupave.eu/resources/fact-sheet-less-fuel-consumption/>) ;
- Pas d'impact sur le dimensionnement structurel lié à une évolution des propriétés mécaniques en fonction de la température.

On veillera, en revanche, à prévenir les risques de tuilage ou de soulèvement de dalles par dilatation thermique en dimensionnant correctement le type de joints et le calepinage associé.

INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LES MATÉRIAUX BITUMINEUX

Les matériaux bitumineux perdent de leur rigidité lorsque la température augmente. Ces matériaux – qui ont un comportement viscoélastique (propriétés à la fois visqueuses et élastiques, lorsqu'ils sont soumis à une déformation) – évoluent fortement avec la température. Le module élastique (rigidité) peut par exemple être divisé par quatre en passant de 12 à 3 GPa entre 10 et 40 °C. À noter que les essais de module d'élasticité et de fatigue sur les matériaux bitumineux sont généralement conduits à des températures de l'ordre de 10 à 15 °C.

Gestion des eaux pluviales

Le béton drainant permet une meilleure infiltration locale des eaux de pluie, réduisant le ruissellement et donc les risques de pollution et d'inondation. Par ailleurs, l'utilisation de ces solutions perméables est un atout pour alimenter en eau les sols supports ou avoisinant les routes et ainsi participer au retour et au développement de la végétation en ville.

Ci-dessous.

↓ Parking en béton drainant. ©Maloudebo



Revêtements drainants / perméables

Baisse médiane de la température de l'air

-2,1 °C

BÉTON DRAINANT ET PLUIE EXTRÊME

Les bétons drainants ont généralement des capacités de drainage comprises entre 100 et 300 l/m²/min, voire plus. En fonction de leur niveau de colmatage en surface, ils restent 10 à 100 fois supérieurs au débit des pluies extrêmes métropolitaines, qui sont de l'ordre de 2 l/m²/min selon Météo France, soit l'équivalent de 60 mm en trente minutes.

Référence : <http://pluiesextremes.meteo.fr/france-metropole/Intensite-de-precipitations.html>

Le béton drainant est donc largement capable de traiter des averses exceptionnelles, mais la question de la gestion de l'eau infiltrée reste très importante. En fonction des dimensionnements hydrauliques propres à chaque ouvrage et à chaque contexte local, les chaussées réservoirs sont une solution très efficace. Référence : <https://www.infociments.fr/route/t57-voiries-et-amenagements-urbains-en-beton-revetements-et-structures-reservoirs>

D'autre part, la création de systèmes de drainage efficaces en béton peut prévenir les inondations et protéger les infrastructures urbaines : des caniveaux en béton peuvent diriger l'eau de pluie vers des zones de rétention, évitant ainsi les débordements et les dégradations des infrastructures routières.

Les solutions de béton drainant qui seront évoquées ci-après apportent également un intérêt pour la lutte contre les ICU.

En effet, d'une part, ils permettent l'évaporation de l'humidité résiduelle présente dans les sous-couches et donc la réduction des températures ressenties lors des épisodes caniculaires.

Et, d'autre part, la présence de nombreux vides dans les bétons drainants (de 10 à 35 %), permettant d'assurer la drainabilité de l'eau lors d'épisodes pluvieux, réduit l'inertie thermique ou la capacité calorifique de ces matériaux par comparaison avec les bétons denses.

FAIRE DU SOL UN ALLIÉ FACE AU DÉRÈGLEMENT CLIMATIQUE

Grâce à son pouvoir absorbant, le sol limite le risque d'inondation et de crues en cas de pluies intenses. Un sol non imperméabilisé limite l'effet de surchauffe par accumulation de la chaleur. Il a également la capacité de stocker le carbone.

Source : Cerema, « Les élus territoriaux face au défi climatique. 8 clés pour adapter son territoire », 2024.

BÉTON ET EAU : UNE ALLIANCE FAITE POUR DURER

Les professionnels du béton savent qu'il ne faut pas rajouter d'eau dans le béton frais, sous peine de créer de la porosité dans le béton durci, qui conduira à réduire sa résistance mécanique mais également sa durabilité face aux potentielles agressions auxquelles il sera exposé : gel et sels de déverglaçage, carbonatation et chlorures marins (eaux et embruns) conduisant à la corrosion des armatures dans le cas du béton armé, etc. En revanche, l'apport d'eau sur le béton durci ou l'immersion lui sont extrêmement bénéfiques. On réalise donc la fameuse cure du béton immédiatement après son coulage ou dans les jours qui suivent pour que la surface du béton conserve son humidité et que les liaisons cimentaires soient optimales.

Évaporation d'eau du béton frais = plus de porosité et donc moins de durabilité.

Les espèces cimentaires formées, des silicates et des aluminates, sont à l'origine des montées en résistance du béton. Ces hydrates sont insolubles et stables dans le temps vis-à-vis de l'action de l'eau.

Dans un béton, tous les grains de ciment ne sont jamais complètement hydratés. C'est pourquoi le béton, pendant toute sa vie, n'a cessé de chercher à capter de l'eau : celle résiduelle incorporée lors de la fabrication et celle de son environnement afin de continuer à s'hydrater et à créer de nouvelles liaisons cimentaires. C'est l'explication de la montée en résistance des bétons, qui est progressive et qui augmente inexorablement, jour après jour, année après année, mais de plus en plus lentement, car la porosité interne se réduit à chaque hydrate formé et il est de plus en plus difficile à l'eau d'atteindre les grains de ciment anhydres.

En l'absence d'armatures, qui sont le principal point faible de la durabilité du béton*, l'apport d'eau sur le béton durci ne peut être que bénéfique !

On définit d'ailleurs les ciments comme des liants hydrauliques, comme il est rappelé dans la norme NF EN 197-1 qui les régit :

« Le ciment est un liant hydraulique, c'est-à-dire un matériau minéral finement moulu qui, gâché avec de l'eau, forme une pâte qui fait prise et durcit par suite de réactions et de processus d'hydratation et qui, après durcissement, conserve sa résistance et sa stabilité même sous l'eau... Le durcissement hydraulique du ciment CEM est principalement dû à l'hydratation des silicates de calcium, mais d'autres composés chimiques peuvent également intervenir dans le processus de durcissement, tels que, par exemple, les aluminates... »

Les autres liants, non hydrauliques, sont généralement sensibles au contact de l'eau, qui affecte plus ou moins significativement les liaisons physico-chimiques avec les granulats et donc leur résistance comme leur durabilité. On exige d'ailleurs, pour ces matériaux, des essais de sensibilité à l'eau afin de confirmer leur résistance et de garantir leur durée de vie contractuelle. Exemple des enrobés bitumineux qui doivent satisfaire à l'essai Duriez (NF EN 12697-12 méthode B) et qui sont classés en fonction du rapport de résistance en compression i/C (Rc du lot immergé/Rc du lot sec), conformément à la norme NF EN 13108-1. Selon leur type, les enrobés dont le rapport i/C est inférieur à 70 ou 80 % sont généralement jugés sensibles à l'eau. Autrement dit, une diminution de la résistance de l'enrobé après sept jours d'immersion peut être considérée comme conforme jusque 30 % de perte (20 % dans le cas des enrobés drainants).

* En effet, les armatures peuvent se corroder prématurément, si elles sont exposées à des éléments nocifs véhiculés par l'eau, comme les sels marins, ou à la suite d'une diminution du pH du béton, lorsque ce dernier se carbonate par action du CO₂ atmosphérique qui pénètre petit à petit le béton. D'où l'importance de bien définir les classes d'exposition des bétons à la commande, mais aussi de bien respecter les épaisseurs d'enrobage qui sont les bases permettant de garantir la durabilité que suivent la qualité du béton, sa mise en œuvre, la cure, etc.

Clarté et photométrie des bétons

Limiter la surchauffe urbaine

Les matériaux cimentaires sont par nature assez clairs en raison de la couleur du ciment et des granulats utilisés en aménagement urbain.

Cette clarté se traduit, dans un premier temps, par des albédos relativement élevés pour les bétons, ce qui est aujourd'hui reconnu comme un facteur prépondérant dans la lutte contre les ICU (cf. site Internet de l'Ademe : <https://plusfraichemaville.fr/fiche-solution/revetement-albedo-eleve>).

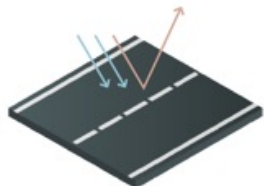
ALBÉDO

L'albédo désigne la capacité d'une surface à réfléchir le rayonnement solaire. Il joue un rôle important dans la régulation thermique, notamment en milieu urbain, où il peut contribuer à atténuer les effets de surchauffe.

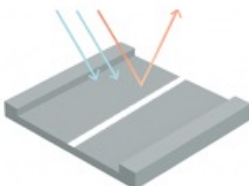
Le béton peut ainsi contribuer à réduire les effets négatifs observés pendant les épisodes de canicule. De par son albédo élevé, il réfléchit davantage le rayonnement solaire, ce qui limite les élévations de température, il emmagasine moins de chaleur que les matériaux bitumineux sombres et donc en restitue moins la nuit. Tout cela apporte du confort par réduction de la chaleur ressentie.



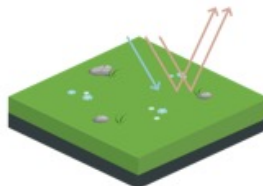
Bitume (enrobé/asphalte)
ALBEDO = 0,05 à 0,15



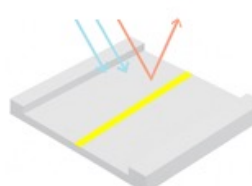
Béton gris
ALBEDO = 0,2 à 0,4



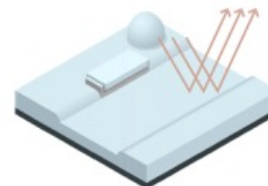
Herbe
ALBEDO = 0,25



Béton clair
ALBEDO = 0,4 à 0,8



Nelge
ALBEDO = 0,85



↑ Figure 1. Valeurs d'albédo de différentes matières.

Source : Cimbéton & Ademe / Cerema : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/rafraichir-villes-guide-synthetique-propose-approche>

- 4 °C À ATHÈNES

C'est l'effet du rafraîchissement de l'air en journée généré par le passage d'un revêtement bitumineux foncé (albédo : 0,04) à un revêtement clair (albédo : 0,55) pour les sols.

Source : Synnefa *et al.*, 2011.

Béton et îlots de chaleur urbains

Les solutions en béton clair (albédos > 0,3) réduisent l'absorption de la chaleur, contribuant ainsi à diminuer les températures dans les zones urbaines.

Les matériaux très clairs, voire blancs ou réfléchissants (présentant des albédos très élevés, typiquement > 0,6), réduisent d'autant plus l'énergie solaire emmagasinée et contribuent fortement à limiter les ICU. Par exemple, les toits en béton blanc peuvent refléter la lumière du soleil, réduisant ainsi la chaleur transmise dans les bâtiments et le besoin en climatisation. Cependant, ces matériaux très clairs peuvent générer un inconfort visuel très important, voire des problèmes de sécurité par éblouissement. Ils peuvent également conduire à un ressenti des chaleurs diurnes plus important. En aménagements urbains, ces solutions de bétons très clairs seront donc idéalement associées à de la végétation couvrante ou à des dispositifs d'ombrage adaptés.

De plus, l'intégration de végétation et de surfaces perméables dans les structures en béton aide à atténuer les effets des vagues de chaleur et à améliorer l'esthétique urbaine. Les murs végétalisés en béton peuvent fournir de l'ombre et de la fraîcheur, tout en ajoutant une touche esthétique aux bâtiments.

PROJET NATIONAL ISSU

Qu'est-ce que le projet national ISSU ?

ISSU (2024-2028) est un projet national (PN) de recherche et de développement collaboratif qui rassemble des organismes publics et privés du secteur de l'aménagement urbain (maîtres d'ouvrage, ingénieries, entreprises de travaux, bureaux de contrôle, industriels, organismes de recherche).

Le projet national ISSU vise à s'adapter au changement climatique et à proposer des solutions de rafraîchissement du secteur de l'aménagement. Il permet notamment :



Ci-dessous.

↓ Mur végétal avec béton drainant en façade comme support. ©Maloudebo



- De progresser dans la compréhension, la conception, l'évaluation et la mise en œuvre de solutions qui vont de l'échelle du composant (en laboratoire) à celle du démonstrateur urbain (îlots, quartier) ;
- De proposer des méthodes communes de caractérisation, d'évaluation et de comparaison des solutions, tout en ayant une vision globale et intégrée de leurs impacts sur les différents enjeux urbains.

Source : <https://www.pn-issu.fr/>

Des propriétés photométriques à valoriser

Dans un second temps, la clarté élevée des bétons et leur faible specularité (ou brillance) leur confèrent des propriétés photométriques très intéressantes, notamment au regard du plus faible besoin en éclairage urbain (cf. restitution des travaux du groupe Revêtements & Lumières lors du congrès IDRRIM 2024 : https://www.idrrim.com/ressources/documents/source/2/11009-AE1.1_BANETTE-et-AI.pdf).

ÉCLAIRER JUSTE

Éclairer juste, c'est éclairer moins pour garantir sécurité et confort, tout en faisant des économies énergétiques (jusque 60 % dans certains cas) et en obtenant un meilleur bilan économique et environnemental. Éclairer moins, c'est également protéger et favoriser la biodiversité en ville.

Référence : travaux du groupe Revêtements & Lumières de l'IDRRIM.

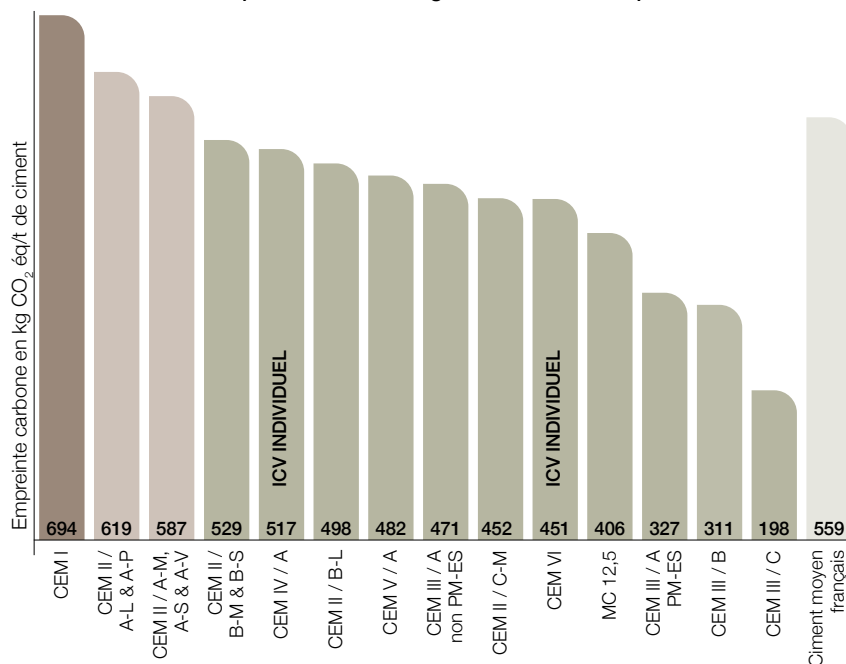
INNOVATIONS DANS LE BÉTON POUR LA RÉSILIENCE URBAINE

Béton « à empreinte environnementale réduite »

Le développement de bétons à faible empreinte carbone ou utilisant des matériaux recyclés est essentiel pour réduire l'impact environnemental des constructions urbaines. L'utilisation de ciments à empreinte carbone réduite – dont la formulation intègre des constituants moins carbonés, comme le filler calcaire, le laitier de haut-fourneau ou encore l'argile calcinée – permet de réduire de plus de 50 % les émissions de CO₂ associées à la production du béton. Celle-ci représente généralement entre 75 et 90 % de l'empreinte carbone de la construction des ouvrages routiers.

EMPREINTE CARBONE DES CIMENTS NORMALISÉS

Leurs différences de composition sont à l'origine des écarts d'empreinte carbone :



Données collectives des ciments produits en France métropolitaine par les adhérents de France Ciment et établies en conformité avec la norme NF EN 15804+A2 et son complément national NF EN 15804+A2/CN. Sauf accord préalable de France Ciment, ces valeurs ne doivent pas être utilisées pour établir et rendre publiques des déclarations environnementales utilisant des ciments d'autres origines et/ou d'autres producteurs, sous peine de poursuites pour pratiques commerciales trompeuses.

Les adhérents de France Ciment sont EQIOM, Heidelberg Materials, Lafarge Holcim et Vicat.

Reproduction du graphique selon accord préalable de France Ciment, juin 2025.

Référence : <https://www.infociments.fr/ciments/ciments-courants>

LES DIFFÉRENTS CEMENTS COURANTS

Les ciments courants sont : les ciments Portland (CEM I), les ciments Portland composés (CEM II), les ciments Portland composés CEM II/C-M de la norme NF EN 197-5, dits « ciments ternaires bas carbone », les ciments Portland composés à base de fines de béton recyclé de la norme NF EN 197-6, les ciments comportant du laitier de haut-fourneau, à savoir les ciments Portland au laitier (CEM II/A-S et B-S), les ciments de haut-fourneau (CEM III/A, B et C), le ciment pouzzolanique au laitier (CEM V/A, B) et les ciments composés (CEM VI – NF EN 197-5 et NF EN 197-6). Les ciments blancs en font également partie. Les différents types de ciments sont tous normalisés et garantissent donc une durabilité éprouvée, lorsqu'ils sont utilisés selon les normes et les règles en vigueur. Ils se différencient notamment par leur composition.

↓ Tableau des 38 ciments NF EN 197-1, 5 et 6.

■ NF EN 197-1 (ciments courants) ■ NF EN 197-5 (ciments ternaires « bas carbone ») ■ NF EN 197-6 (ciments avec fines de béton recyclé)

Principaux types	Notation des produits (types de ciment)		Composition (pourcentage en masse) ^{a)}												
			Constituants principaux											Constituants secondaires	
			Clinker	Fines de béton recyclé	Laitier de haut- fourneau	Pouzzolanes		Cendres volantes		Fumée de silice	Schiste calciné	Calcaire			
						Naturelle	Naturelle calcinée	Siliceuses	Calciques						
			K	F	S	P	Q	V	W	D ^{b)}	T	L	LL		
CEM I	Ciment Portland	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM II	Ciment Portland au laitier	CEM II/A-S	80-94	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-S	65-79	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Ciment Portland à la pouzzolane	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Ciment Portland aux cendres volantes	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5	
	Ciment Portland à la fumée de silice	CEM II/A-D	90-94	-	-	-	-	-	-	6-10	-	-	-	0-5	
	Ciment Portland au schiste calciné	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
	Ciment Portland au calcaire	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
	Ciment Portland aux fines de béton recyclé	CEM II/A-F	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		CEM II/B-F	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Ciment Portland composé sans/avec fines de béton recyclé ^{c) g)}	CEM II/A-M	80-88	-	12-20									0-5	
		CEM II/B-M	65-79	-	21-35									0-5	
		CEM II/C-M ^{d)}	50-64	-	36-50 ^{e)}									0-5	
		CEM II/A-M	80-88	6-14	6-14 ^{f)}									0-5	
		CEM II/B-M	65-79	6-29	6-29 ^{f)}									0-5	
		CEM II/C-M	50-64	6-20	16-44 ^{f)}									0-5	
CEM III	Ciment de haut-fourneau	CEM III/A	35-64	-	36-65	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/B	20-34	-	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/C	5-19	-	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM IV	Ciment pouzzolanique ^{c)}	CEM IV/A	65-89	-	-	11-35					-	-	-	0-5	
		CEM IV/B	45-64	-	-	36-55					-	-	-	0-5	
CEM V	Ciment composé ^{c)}	CEM V/A	40-64	-	18-30	18-30			-	-	-	-	-	0-5	
		CEM V/B	20-38	-	31-49	31-49			-	-	-	-	-	0-5	
CEM VI	Ciment composé	CEM VI (S-P)	35-49	-	31-59	6-20	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM VI (S-V)	35-49	-	31-59	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM VI (S-L)	35-49	-	31-59	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5	
		CEM VI (S-LL)	35-49	-	31-59	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5	
		CEM VI	35-49	6-20	31-59	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	

a) Les valeurs indiquées dans le tableau se réfèrent à la somme des constituants principaux et secondaires.

b) En cas d'utilisation de fumée de silice, la proportion de fumée de silice est limitée entre 6 % et 10 % en masse.

c) Dans le cas des ciments Portland composés CEM II/A-M, CEM II/B-M et CEM II/C-M, des ciments pouzzolaniques CEM IV/A et CEM IV/B et des ciments composés CEM V/A et CEM V/B, les constituants principaux autres que le clinker doivent être déclarés dans la désignation du ciment.

d) Le nombre de constituants principaux autres que le clinker est limité à deux et ceux-ci doivent être déclarés dans la désignation du ciment.

e) En cas d'utilisation de calcaire, la proportion de calcaire (somme de L et LL) est limitée entre 6% et 20% en masse.

f) En cas d'utilisation de calcaire, la proportion de la somme de calcaire et de fines de béton recyclé (somme L, LL et F) est limitée à 35% en masse.

g) Le nombre de constituants principaux autres que le clinker est limité à deux et ces constituants principaux doivent être déclarés dans la désignation du ciment. En cas d'utilisation simultanée de F et (L ou LL) dans la composition, le nombre de constituants principaux autres que le clinker est limité à trois et ces constituants principaux doivent être déclarés dans la désignation du ciment.

Béton « intelligent »

Des technologies sont intégrées dans le béton pour surveiller les conditions environnementales (capteurs de température ou d'humidité).

Les capteurs de température permettent de surveiller les variations thermiques au sein des structures. Ils fournissent des données en temps réel sur la température interne du béton, ce qui est crucial pour :

- Prévenir les fissures : des variations de température importantes entraînent des déformations ainsi que des contraintes internes et provoquent des fissures. En surveillant la température, il est possible d'anticiper et de prévenir ces problèmes ;
- Optimiser le processus de durcissement : dans les phases de construction, la température du béton doit être contrôlée pour garantir un durcissement optimal. Les capteurs permettent d'ajuster les conditions de cure en conséquence.

Les capteurs d'humidité mesurent le taux d'humidité dans le béton, ce qui est essentiel pour :

- Évaluer la durabilité : un taux d'humidité trop élevé favorise la corrosion des armatures en acier et d'autres dégradations. En surveillant l'humidité, il est possible de prendre des mesures préventives ;
- Gérer les conditions environnementales : ces capteurs aident à comprendre comment les fluctuations d'humidité, dans certains environnements, affectent la structure.

Ces technologies intégrées sont déjà utilisées dans divers projets, notamment :

- Ponts et tunnels pour surveiller les conditions internes ;
- Bâtiments intelligents pour optimiser la gestion énergétique et la durabilité des structures ;
- Infrastructures critiques, comme les barrages, où la surveillance est essentielle afin de prévenir les défaillances.

Béton « autoréparant »

L'utilisation de béton autoréparant prolonge la durée de vie des infrastructures, réduisant ainsi les coûts de maintenance et améliorant la résilience urbaine. Le béton autoréparant peut combler les fissures qui se forment au fil du temps, empêchant l'eau et les agents corrosifs de pénétrer et de causer des dommages.

Quelques références :

<https://www.geo.fr/sciences/ce-beton-inspire-des-proprietes-du-lichen-peut-s-autoreparer-et-absorber-du-co2-226470>

<https://www.toutsurlebeton.fr/le-ba-ba-du-beton/beton-auto-reparant-innovation-pour-la-construction/>

Béton comme support de la biodiversité

Et demain, nous pourrions peut-être envisager de coupler encore plus intimement les matrices minérales en béton avec les végétaux. Par exemple, en utilisant des capteurs d'humidité dans les bétons drainants, à même de contrôler, voire de réguler, l'humidification nécessaire à la croissance des espèces végétales.



↑ Ci-dessus. Béton drainant comme support à de la mousse et du lichen. ©Maloudebo

DÉFIS ET PERSPECTIVES

Défis liés à l'utilisation du béton

La part du béton dans l'empreinte carbone mondiale est non négligeable : 7 % à l'échelle de la planète et 1,8 % à l'échelle de la France. C'est lié en grande partie à la fabrication du ciment (5,9 % à l'échelle mondiale et 1,6 % à l'échelle de la France). En effet, pour produire les liants hydrauliques, il est nécessaire de chauffer à haute température des ressources minérales (calcaires, argiles, etc.), ce qui représente environ un tiers des émissions de CO₂, les deux tiers restants provenant de l'émission directe de dioxyde de carbone par décarbonatation du calcaire (à l'origine de la fabrication du clinker, constituant actif et indispensable du ciment).

De plus, l'extraction des matières premières, comme le sable et le gravier, peut entraîner des impacts environnementaux, tels que la raréfaction des ressources naturelles, l'érosion des sols et la destruction des habitats naturels. Pour répondre à ces préoccupations, il est essentiel de développer des méthodes de production plus durables, comme l'utilisation de ciments moins carbonés ou de matériaux recyclés. Dans le cadre des aménagements urbains, il est crucial de trouver un équilibre entre la durabilité des matériaux et leur esthétique. Les projets urbains doivent être non seulement fonctionnels et durables, mais aussi attrayants pour les usagers. Cela implique de repenser les designs et les finitions des surfaces en béton pour qu'ils s'intègrent harmonieusement dans le paysage urbain. Les architectes et les urbanistes doivent collaborer pour créer des espaces qui allient fonctionnalité, durabilité et esthétique adaptée aux contextes locaux.

Perspectives

L'avenir du béton dans les aménagements urbains repose en partie sur la recherche et l'innovation. De nouveaux types de bétons, tels que les bétons à haute performance, les bétons drainants ou les bétons adaptés à l'environnement, sont en cours de développement pour répondre aux défis et aux besoins spécifiques des villes modernes. Par ailleurs, l'industrie cimentière française met en œuvre une feuille de route de décarbonation avec pour objectif de diviser par deux ses émissions de gaz à effet de serre d'ici 2030. Pour cela, elle met en œuvre deux leviers principaux pour décarboner le clinker et donc le ciment : un levier « process » (efficacité énergétique et remplacement des combustibles fossiles par des déchets) et un levier « produit » (diminution de la teneur en clinker des ciments) qui représentent un tiers du chemin ; les deux tiers restants sont liés au processus industriel et chimique, pour lequel les industriels cimentiers recourent à la séquestration et à la réutilisation du carbone.

De plus, des recherches sur les adjuvants (pour améliorer la durabilité et la résistance du béton) et sur la décarbonation des armatures pourraient permettre de réduire dans de nouvelles proportions l'impact environnemental de la production de béton.

L'innovation dans les techniques de mise en œuvre, comme l'impression 3D en béton, pourrait également transformer la manière dont nous concevons et construisons nos infrastructures.

Les politiques publiques jouent un rôle crucial dans la promotion de l'utilisation du béton pour la résilience urbaine. Les gouvernements peuvent encourager l'adoption de pratiques durables en mettant en place des réglementations qui favorisent l'utilisation de matériaux résilients à plus faible empreinte environnementale et en soutenant des projets d'infrastructures qui intègrent des solutions innovantes, dont celles en béton.

De plus, des investissements dans la recherche et le développement de nouvelles technologies peuvent stimuler l'innovation et améliorer la durabilité des infrastructures urbaines. Les partenariats public-privé sont également un moyen efficace de mobiliser des ressources et d'encourager l'adoption de pratiques durables dans le secteur de l'aménagement.

CONCLUSION

Loin d'être un simple matériau de construction, le béton est un acteur-clé dans la lutte contre les effets des événements climatiques, même extrêmes. En intégrant des solutions innovantes et durables, les villes peuvent non seulement renforcer leur résilience, mais aussi améliorer la qualité de vie de leurs habitants. À mesure que nous avançons vers un avenir climatique incertain, il devient essentiel de repenser notre approche du béton et de l'urbanisme pour bâtir des villes plus durables et résilientes. ■

PROJET DE REQUALIFICATION URBAINE À LAVAL : entretien avec Sonia Huguet de l'agence Plaine Étude

Ce projet, commandé par Méduane Habitat, vise à transformer le centre d'un quartier construit en 1974, comprenant quatre barres de HLM et une grande place centrale, en lieu accessible et agréable pour tous. Lors de cet entretien, Sonia Huguet, maître d'œuvre à l'agence Plaine Étude, nous a éclairés sur l'importance du béton dans la création d'espaces urbains résilients. La renaturation en ville ou l'utilisation de matériaux recyclés pour limiter le prélèvement des ressources naturelles sont autant de solutions adaptées aux enjeux actuels et à venir.

Une transformation pensée pour tous

Sonia Huguet explique que l'utilisation du béton, dans ce projet, a été soigneusement réfléchi pour favoriser l'intégration paysagère et diminuer les ICU. « *Nous avons repensé l'espace en tenant compte de l'accessibilité, tout en créant une plus grande place centrale* », déclare-t-elle. Le choix du béton a permis de sinuer autour des arbres existants, sans les endommager, ce qui est essentiel pour préserver la biodiversité urbaine. Cette approche démontre que le béton peut être utilisé de manière innovante et harmonieuse pour améliorer l'environnement urbain.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage

Méduane Habitat

Maîtrise d'œuvre

Plaine Étude

Mise en œuvre du béton

BMP pour le lot TP
et Béton 3D en sous-traitance

Fourniture béton et ciment

Lafarge France

Ci-contre de gauche à droite.

→ Quartier avant travaux à Laval.

→ Quartier après travaux à Laval.

©Plaine Étude



Un revêtement clair pour réduire la chaleur

Un des défis majeurs du projet a été l'absence d'ombrière sur la place, ce qui a conduit à opter pour un revêtement clair en béton. « *Nous avons travaillé avec le producteur de ciment Lafarge pour sélectionner un ciment clair, qui, associé aux cailloux gris et noir sélectionnés, a permis d'obtenir un revêtement conforme aux attentes esthétiques et de luminosité. C'est l'entreprise adjudicatrice du marché qui a réalisé les échantillons et la planche d'essais* », précise Sonia Huguet. La validation de trois échantillons avec la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre a été cruciale, car la couleur du caillou était un élément déterminant. Ce choix de couleur claire contribue à réfléchir la chaleur, réduisant ainsi les températures ambiantes et atténuant les effets des ICU.

Ci-contre de gauche à droite.

→ Quartier après travaux à Laval.

→ Béton érodé à Laval (détail).

→ Quartier après travaux à Laval.

©Plaine Étude



Une surface optimisée pour le confort

La surface totale du projet s'étend sur environ 8 000 m², avec des zones spécifiques en béton de 3 000 m². Les différents types de bétons utilisés incluent du béton érodé et du béton micro-désactivé, qui offrent un aspect semblable à du sable sur les cheminements. « *Ce choix permet de réduire l'entretien, tout en offrant une finition esthétique* », ajoute-t-elle. Le granulat utilisé est un mélange de calcaire et de diorite, et les formules de bétons comprennent de l'Artevia Roche et du Saharo coloré en ton pierre. Le béton de classe de résistance C25/30 est composé de ciment clair CEM III et il est conforme aux exigences de composition pour une classe d'exposition XF2, garantissant ainsi la durabilité de l'ouvrage.

Végétalisation et biodiversité

Le choix des végétaux a été également réfléchi, avec une préférence pour des espèces locales, telles que le géranium et l'érigeron, en collaboration avec le paysagiste du projet. Ces choix végétaux sont essentiels pour renforcer la biodiversité et améliorer la qualité de l'air dans cet espace urbain. Sonia Huguet souligne l'importance de cette intégration végétale, qui contribue à créer un environnement harmonieux et durable.

Ci-contre de gauche à droite.

→ Quartier après travaux à Laval, exemple de végétalisation.

→ Quartier après travaux à Laval, exemple d'intégration de pavés en béton.

©Plaine Étude



Intégration de matériaux diversifiés

Le projet, dont la réalisation s'est achevée en 2024, intègre également d'autres matériaux, comme des pavés en béton, de l'enrobé et des solutions en matériaux stabilisés aux liants hydrauliques. Les arêtes du béton ont été réalisées par la mise en place de coffrages en amont du coulage, rappelant que le béton se maintient seul après durcissement, avec des jonctions par chaînettes de pavés. Cette diversité de matériaux permet d'enrichir l'espace, tout en répondant aux besoins fonctionnels des usagers.

Conclusion : un avenir urbain durable

Sonia Huguet met en valeur l'utilisation réfléchie du béton dans un projet de résilience urbaine : ce matériau contribue à créer des espaces durables et agréables pour les habitants du quartier en diminuant les ICU grâce à sa couleur claire. Ce projet illustre parfaitement le rôle d'une approche intégrée et durable, qui peut transformer un espace urbain, tout en répondant aux enjeux environnementaux contemporains.

LE BÉTON POUR LUTTER CONTRE LES ÎLOTS DE CHALEUR URBAINS

La lutte contre les ICU est un enjeu crucial pour améliorer le confort de vie en ville et réduire l'impact des températures élevées. L'une des solutions efficaces consiste à utiliser des matériaux clairs à albédo élevé, comme le béton. Ceux-ci réfléchissent une plus grande partie du rayonnement solaire, ce qui permet de diminuer l'absorption de chaleur par les surfaces urbaines. En intégrant le béton dans des infrastructures telles que les routes, les trottoirs et les parkings, nous pouvons contribuer à abaisser la température ambiante, à réduire la consommation d'énergie liée aux besoins de rafraîchissement diurnes ou à l'éclairage nocturne et à améliorer la qualité de l'air.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage & maîtrise d'œuvre

Ville du Havre

Mise en œuvre du béton

Efcatt

Fourniture ciment

Heidelberg Materials

Fourniture béton

Unibéton

PROJET DE TRANSFORMATION DE LA COUR DE LA CRÈCHE CHARLES-AUGUSTE-MARANDE AU HAVRE : entretien avec Samuel Béard d'Efcatt

Dans le cadre de la requalification d'un espace extérieur pour la crèche Charles-Auguste-Marande du Havre, nous avons eu l'opportunité d'interviewer Samuel Béard, gérant de l'entreprise Efcatt, spécialisée dans le béton. Ce projet vise à transformer une cour en jardin accueillant pour les jeunes enfants, en intégrant des principes de résilience urbaine.

Un projet d'aménagement innovant

La Ville du Havre a lancé un appel d'offres pour la transformation d'une cour de crèche, initialement revêtue d'enrobé bitumineux, en jardin végétalisé. Samuel Béard explique que l'objectif principal était de réduire la surface en enrobé de 80 %, tout en créant un espace confortable et esthétique pour les enfants. « Nous avons voulu remplacer l'ancien revêtement sombre et chaud par un dallage en béton poli, qui est plus clair et qui reste frais en été, parfait pour les jeunes enfants qui commencent à explorer le monde à quatre pattes », précise-t-il.

Ci-contre.

→ Béton poncé clair au Havre. ©Efcatt



Des solutions adaptées aux usages

Au cours de la phase d'étude, l'équipe a exploré plusieurs options pour le revêtement. Initialement, un béton sablé avec granulats roulés était envisagé, mais cette option a été abandonnée en raison de la poussière qui aurait été générée lors du traitement mécanique de sablage sur béton durci. Efcatt, en tant que sous-traitant de STAE, a proposé un béton poncé, plus adapté aux besoins de la crèche. « Ce choix a permis de créer un environnement plus sain et agréable pour les enfants », souligne Samuel Béard.

AVANTAGES DU BÉTON PONCÉ

- **Écologique** : non-utilisation de produits chimiques pour le traitement.
- **Durable et plus résistant** : le ponçage permet d'éliminer les imperfections de surface et, plus particulièrement, de gommer les aspérités telles que les arêtes de gravillons, conférant au béton poncé une surface aplanie limitant les départs de gravillons liés au trafic éventuel (chariots) ou aux chocs avec des objets tombant sur la surface.
- **Esthétique** : le ponçage donne un aspect lissé et poli au béton, ce qui peut améliorer l'esthétique des espaces intérieurs ou extérieurs. Cela permet également de mettre en valeur les motifs et les couleurs du béton.

- **Facile à entretenir** : les surfaces en béton poncé sont souvent plus faciles à nettoyer et à entretenir, car elles retiennent moins la poussière et les débris, par comparaison avec les autres types de surface.
 - **Confortable et sûr** : un sol en béton poncé offre une surface plus agréable au toucher, ce qui peut être un atout dans des environnements où l'on marche pieds nus. Ici, dans le cadre d'un établissement scolaire, cela permet de limiter les écorchures lors des chutes.
- En résumé, le béton poncé, travaillé mécaniquement et sans produits chimiques, combine des avantages esthétiques, pratiques et écologiques, ce qui en fait un choix judicieux pour de nombreux projets.

Contribuer à la résilience urbaine

Ce projet s'inscrit dans une démarche de résilience urbaine, visant à réduire les ICU et à améliorer l'esthétique de l'espace, tout en garantissant une durabilité élevée. En remplaçant une grande surface de l'espace en bitume par un béton minéral gris clair, l'équipe a contribué à diminuer les phénomènes d'ICU en période estivale et à abaisser les températures ressenties par les usagers. De plus, l'utilisation d'un ciment CEM III 42,5 N de Heidelberg Materials a permis de réduire l'empreinte carbone du projet.

Ci-contre.

→ Béton poncé clair au Havre. ©Efcatt



Économie circulaire et localité

L'économie circulaire est au cœur de ce projet. Samuel Béard explique que des granulats silico-calcaires locaux, provenant de carrières situées à moins de 15 km, ont été utilisés. « Cela permet non seulement de soutenir l'économie locale, mais aussi de réduire les émissions liées au transport », ajoute-t-il. De plus, les poussières générées lors du ponçage ont été traitées par aspiration et réutilisées dans un mélange en fond de forme sur un autre chantier : un bel exemple d'économie circulaire !

Ci-contre.

→ Aspirateur utilisé lors du ponçage du béton.
©Efcatt



Gestion de l'eau et réduction des émanations

La gestion de l'eau a été également optimisée. La consommation d'eau pour le lavage du matériel, l'humidification de la couche support et le nettoyage du béton a été limitée à 2,5 m³. « Nous avons veillé à réduire l'usage d'eau, tout en garantissant la qualité du béton », précise Samuel Béard. Cette approche contribue à la durabilité du projet, tout en respectant les ressources locales.

Un aménagement végétalisé et accueillant

En plus des 60 m² de béton poncé, environ 600 m² de l'espace ont été végétalisés. Samuel Béard évoque l'utilisation de copeaux de bois, issus du broyage d'arbres de la ville, ainsi que de rondins prélevés dans la forêt du Havre. « *Ces choix renforcent l'identité locale et apportent un confort l'été, en créant un environnement agréable pour les enfants* », explique-t-il.

Le choix de matériaux locaux

Le choix des matériaux a été crucial pour ce projet. Les granulats silico-calcaires des carrières MBS (Matériaux Baies de Seine) ont été privilégiés en raison de leur qualité et de leur lien avec l'identité architecturale de la ville, marquée par l'œuvre de l'architecte Auguste Perret. Samuel Béard souligne que l'utilisation de ces matériaux contribue à la préservation du patrimoine local.

Conditions de réalisation optimales

Le chantier, réalisé en août 2024, a bénéficié de bonnes conditions climatiques. Samuel Béard note que la finition poncée est idéale même en cas de conditions défavorables, grâce à un traitement mécanisé qui permet de rectifier la surface. « *Nous avons réalisé des planches d'essais de 1 × 1 m, prévues dans l'appel d'offres, pour garantir la qualité du travail* », dit-il.

Ci-contre.

→ Béton poncé clair au Havre. ©Efcatt



Conclusion : un bel exemple de béton éco-responsable

Le projet d'aménagement du jardin de la crèche du Havre, mené par Efcatt, illustre parfaitement les avantages des solutions en béton dans le développement de la résilience urbaine. En intégrant des solutions durables et locales, il ne se contente pas de transformer un espace, mais il participe à la création d'un environnement plus sain et accueillant pour les générations futures.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage & maîtrise d'œuvre
Département de la Seine-Saint-Denis
Mise en œuvre du béton
Groupe Sols
Fourniture béton et ciment
Vicat

Ci-contre.

→ Cour du collège à Noisy-le-Grand.
©Ludovic Maillard

PROJET DE RÉAMÉNAGEMENT DE LA COUR DU COLLÈGE FRANÇOIS-MITTERRAND À NOISY-LE-GRAND : entretien avec Mathieu Morel et Sébastien Thiercé de Groupe Sols

Le département de la Seine-Saint-Denis, maître d'ouvrage et maître d'œuvre engagé dans une approche innovante et durable, a souhaité réaménager la cour du collège François-Mitterrand à Noisy-le-Grand, en créant des îlots de fraîcheur. Ce projet s'inscrit dans le plan éco-collège, qui a pour objectif de construire, de rénover et de réussir la transition écologique dans les établissements scolaires du département. Cet entretien avec Mathieu Morel, responsable commercial, et Sébastien Thiercé, directeur d'agence de Groupe Sols, nous éclaire sur les solutions mises en œuvre.



Un projet de rénovation écologique

Le projet de Noisy-le-Grand consiste en la rénovation d'une cour largement dominée par des enrobés noirs qui accumulaient la chaleur et rendaient l'espace peu confortable durant les mois d'été. « Nous avons opté pour un revêtement uniforme et monolithique en béton désactivé intégrant des alvéoles végétalisées », explique Mathieu Morel. Ce choix permet de maintenir un cheminement accessible aux personnes à mobilité réduite (PMR), tout en favorisant la biodiversité. Les allées principales, totalement minérales, se végétalisent progressivement aux abords des espaces plantés, créant ainsi un environnement harmonieux.

Ci-contre.

→ Cour du collège en vue aérienne à Noisy-le-Grand. ©Ludovic Maillard



Objectifs et défis logistiques

L'un des principaux objectifs du projet était de réaliser les travaux durant l'été, afin de remettre la cour en service avant la rentrée scolaire de septembre. « *Cela a représenté un défi logistique important* », souligne Mathieu Morel. Pour surmonter ces défis, un phasage précis a été établi avec Eurovia, le mandataire, garantissant que les travaux seraient réalisés dans les délais impartis. Cette coordination étroite a été essentielle pour assurer le bon déroulement du projet.

Impact sur la résilience urbaine

Ce projet est un exemple frappant de désimperméabilisation des surfaces, de végétalisation et d'utilisation du béton clair, ce qui améliore la pérennité des infrastructures. « *Nous avons intégré des solutions de gestion des eaux pluviales et choisi des matériaux durables pour minimiser l'impact environnemental* », précise Mathieu Morel. Ces choix permettent de réduire les ICU et d'améliorer le confort des usagers.

Ci-contre.

→ Cour du collège à Noisy-le-Grand.

©Ludovic Maillard



Détails techniques du béton

La superficie totale du projet est d'environ 1 500 m², impliquant une planification rigoureuse. « *Nous avons utilisé un béton alvéolaire façon "pixels" et un béton désactivé, chacun ayant des caractéristiques esthétiques et fonctionnelles distinctes* », explique Mathieu Morel. Le granulat choisi est local, de granulométrie limitée à 10 mm (D10), de couleur beige clair, afin de minimiser l'empreinte carbone « transport » du projet et, toujours dans la même démarche, le ciment utilisé, un CEM II 42,5 R, est également produit localement. La désactivation du béton a été gérée avec un produit désactivant biodégradable, permettant une gestion respectueuse de l'environnement, tout en offrant une esthétique agréable.

Matériaux et techniques d'intégration

D'autres matériaux, tels que des platelages en bois et du mulch en copeaux de bois, ont été sélectionnés en concertation avec la maîtrise d'œuvre pour répondre aux exigences fonctionnelles et esthétiques. Les bétons ont été coffrés avec des règles métalliques réutilisables, sans voliges périphériques, pour assurer une finition soignée. Des techniques de coffrage innovantes par voliges métalliques et des méthodes de liaison adaptées par goujonnage ont été mises en œuvre pour garantir l'intégration harmonieuse des différents matériaux.

Conclusion : un aménagement durable et esthétique

Le projet de la cour du collège François-Mitterrand à Noisy-le-Grand illustre parfaitement comment le béton peut jouer un rôle-clé dans la résilience urbaine, en désimperméabilisant notamment les sols. En intégrant des solutions innovantes et durables, ce projet concourt à créer des espaces agréables et accessibles pour tous, tout en répondant aux enjeux environnementaux contemporains. Comme le souligne Mathieu Morel, « *nous sommes fiers de contribuer à un aménagement qui respecte l'environnement, tout en répondant aux besoins des usagers* ».

Ci-contre.

→ Cour du collège à Noisy-le-Grand.

©Ludovic Maillard



PROJET DE RÉHABILITATION DE LA COUR DE L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE RAYMOND-POINCARÉ À THIONVILLE : entretien avec Hervé Quantin d'EQIOM Bétons

En 2023, la municipalité de Thionville a lancé un projet ambitieux de réhabilitation de la cour de l'école élémentaire Raymond-Poincaré. Couvrant une surface de 2 000 m², celui-ci vise à remplacer l'enrobé existant par des solutions plus durables et écologiques, notamment le béton drainant, dans le cadre de la résilience urbaine.

L'objectif principal de ce projet est de désimperméabiliser la cour, tout en conservant un confort de déplacement et en intégrant des surfaces minérales et des zones de plantations. Pour ce faire, la municipalité a collaboré avec EQIOM pour la fourniture du béton et avec Eurovia pour l'application. Ce projet s'inscrit dans un programme plus large, commencé en 2023 et visant à réaménager quinze écoles avec du béton drainant.

PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtrise d'ouvrage

Mairie de Thionville

Maîtrise d'œuvre

Service technique de la Ville de Thionville

Mise en œuvre du béton

Eurovia

Fourniture béton et ciment

EQIOM



Ci-contre.

→ Cour de l'école en vue aérienne à Thionville.

©Jean-François Mestre

Un aménagement structuré autour de la désimperméabilisation

Le concept du projet inclut la création d'aires de jeux sur surfaces végétales et celle de zones de plantations et de noues pour capter et stocker les eaux pluviales. Des chemins structurés décoratifs en béton désactivé ont été aménagés, ainsi que des aires de jeux en surface drainante, permettant une meilleure gestion des eaux pluviales.

Ci-contre.

→ Bétons drainant et désactivé à Thionville.

©EQIOM



Des essais concrets pour un choix de matériaux éclairé

Hervé Quantin, animateur « produits spéciaux » chez EQIOM Bétons, souligne que le béton drainant gris lissé a été choisi pour sa capacité à permettre l'infiltration de l'eau. Ce béton est composé de granulats 4/6 mm concassés et de ciment CEM II/A-LL 42,5. Le béton Articimo Désactivé, quant à lui, utilise des granulats 4/8 mm roulés de la vallée de la Sarre, avec application d'un désactivant de surface et lavage au nettoyeur à haute pression.

Pour permettre au client de faire un choix éclairé, des échantillons de béton désactivé ont été réalisés en laboratoire par EQIOM Bétons, sur des diamètres de 30 cm. En parallèle, une planche d'essais pour le béton drainant a été mise en place sur site, utilisant une formule spécifique qui incorpore un adjuvant rétenteur d'eau, particulièrement adapté à la réalisation des bétons drainants. Un mètre cube de béton a été livré et appliqué par Eurovia. Ces essais étaient essentiels pour démontrer les caractéristiques et les performances des matériaux, facilitant ainsi la prise de décision du client.

Une exécution soignée garantissant la stabilité et la durabilité du béton

En novembre 2023, le béton drainant a été appliqué directement depuis un camion-toupie, puis nivelé et lissé à l'aide d'une lisseuse à tête rotative. Trois personnes ont été nécessaires pour appliquer 28 m³ de béton sur une épaisseur de 15 cm, couvrant environ 200 m² en deux jours. En plus du béton, des copeaux de bois ont été utilisés pour les aires de jeux et des noues ont été créées pour la gestion des eaux pluviales. La jonction entre ces matériaux a été réalisée par coffrage et décoffrage du béton ou à l'aide de bordures en béton pour délimiter les espaces. Il est important de noter que le béton – grâce à sa rigidité et à son insensibilité aux températures élevées, contrairement à d'autres matériaux, comme ceux à base de liants bitumineux – se maintient seul et n'a pas besoin de bordures pour assurer sa stabilité.

Ci-contre.

→ Mise en œuvre du béton drainant à Thionville.
©EQIOM



Durabilité de la perméabilité : la question de l'entretien

Sans entretien, certaines parties de la surface peuvent s'obstruer avec le temps (colmatage), mais le béton drainant maintient une porosité de 10 à 15 %, assurant une perméabilité suffisante en cas de pluie, même extrême. Cependant, dans ce dernier cas, il faut accepter un certain temps d'imbibition dans le sol (allant de quelques minutes à quelques heures). Hervé Quantin rappelle que l'entretien du béton drainant est relativement simple mais essentiel pour maintenir ses propriétés de drainage. Il est recommandé de nettoyer régulièrement la surface pour éviter l'accumulation de débris, de feuilles et de saletés qui pourraient obstruer les pores. Une aspiration ou un soufflage périodiques sont conseillés, plutôt qu'un balayage qui va potentiellement créer d'autres éléments fins par attrition et colmater un peu plus les vides de surface. Pour un nettoyage plus profond, l'utilisation d'un nettoyeur-aspirateur permet de déloger les particules incrustées dans les pores et de regagner les performances de drainabilité obtenues à la livraison de l'ouvrage.

Le béton drainant : une solution pour rétablir le cycle de l'eau en milieu urbain

Ce projet de réhabilitation de la cour de l'école Raymond-Poincaré à Thionville est un exemple remarquable de l'utilisation de matériaux béton innovants et durables pour améliorer la résilience urbaine. En intégrant des solutions de désimperméabilisation et de gestion des eaux pluviales, il contribue à un environnement scolaire plus agréable et sécurisé par temps humide et il permet de restaurer un cycle de l'eau direct par infiltration, sans ruissellement et de manière durable. Le béton drainant se révèle être une solution efficace pour désimperméabiliser les surfaces urbaines. Contrairement aux revêtements denses traditionnels (qui retiennent l'eau, contribuent à l'accumulation des eaux de pluie, ruissellent en se chargeant de diverses pollutions, etc.), le béton drainant permet à l'eau de s'infiltrer à travers sa structure poreuse. Cela favorise l'alimentation en eau des végétaux situés à proximité ainsi que la recharge des nappes phréatiques et cela réduit le risque d'inondation en milieu urbain.

En intégrant des granulats spécifiques et en ayant la composition ajustée, le béton drainant offre une perméabilité optimale, tout en conservant une résistance suffisante pour les zones de circulation. Son utilisation dans les allées, les parkings ou même les espaces publics contribue à une gestion durable des eaux pluviales. En adoptant cette technologie, nous participons à la préservation de notre environnement, tout en améliorant le cadre de vie en ville. Le choix du béton drainant est donc judicieux pour construire des espaces plus respectueux de la nature.

Conclusion : un aménagement harmonieux, mêlant nature et solutions minérales

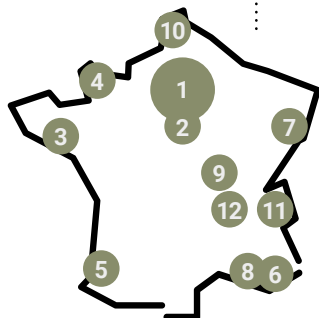
Le projet de réhabilitation de la cour de l'école Raymond-Poincaré à Thionville illustre comment le béton drainant et des aménagements durables peuvent allier confort, sécurité et résilience urbaine. En favorisant l'infiltration des eaux pluviales et la préservation des ressources, il montre la voie vers des espaces urbains plus respectueux de l'environnement. Face aux défis du changement climatique et de l'urbanisation, comment ces solutions pourront-elles être déployées à plus grande échelle pour transformer nos villes ?

Ci-contre.

→ Aires de jeux en vue aérienne à Thionville.
©Jean-François Mestre



QUELQUES RÉFÉRENCES DE CHANTIERS RÉSILIENTS



1. Seine-Saint-Denis (93) → Routes info #34

Aménagement des berges du canal Saint-Denis

1. Hauts-de-Seine (92) → Routes n° 149

Gennevilliers - Villeneuve-la-Garenne / Parc des Chanteraines : un chantier circulaire exemplaire pour l'avenir

1. Hauts-de-Seine (92) → Routes n° 112

Vanves / Chaussée en béton dépolluant : une efficacité en cas de pics de pollution

1. Hauts-de-Seine (92) → Routes n° 103

Boulogne-Billancourt / Un square en béton dépolluant

1. Essonne (91) → Routes n° 143

Valenton / La Tégéval avance en vert avec le béton stabilisé

2. Loiret (45) → Routes info #22

Aménagement qualitatif de la ZAC Interives 1 à Fleury-les-Aubrais

3. Morbihan (56) → Routes info #30/31

Requalification des espaces publics du domaine de Susicinio

4. Manche (50) → Routes n° 139

Mont-Saint-Michel / Du désactivé pour la merveille de l'Occident

5. Landes (40) → Routes n° 139

Hossegor / Des bétons élégants pour la capitale du surf

6. Alpes-Maritimes (06) → Routes n° 121

Draguignan / Des bétons désactivés au service d'une nouvelle ZAC

6. Alpes-Maritimes (06) → Routes n° 136

Roquebrune-Cap-Martin / Béton désactivé pour plage de prestige

7. Haut-Rhin (68) → Routes n° 121

Des bétons décoratifs au parc zoologique et botanique de Mulhouse

8. Bouches-du-Rhône (13) → Routes n° 141

Salon-de-Provence / Au bonheur des bétons décoratifs

8. Bouches-du-Rhône (13) → Routes n° 105

Marseille / Bétons désactivés, bouchardés, poreux, colorés sablés et lissés au quartier de l'Estaque

9. Saône-et-Loire (71) → Routes n° 143

Aménagement qualitatif du centre-ville de Givry

10. Pas-de-Calais (62) → Routes n° 148

Berck-sur-Mer / Le béton fait onduler l'entonnoir

11. Savoie (73) → Routes n° 117

Bissy / Un giratoire en béton armé continu

12. Rhône (69) → Routes info #40

Lyon-Confluence / Aménagements qualitatifs en béton incorporant des granulats de béton recyclés

+ France → Routes n° 114

Des bétons décoratifs innovants pour aménager les fronts de mer

VIDÉOS ET LOGICIELS

Pour vous aider dans vos choix, découvrez sur notre chaîne YouTube et sur notre site nos outils d'aide à la décision (vidéos et calculateur).



JOURNÉES TECHNIQUES "ROUTES, TERRASSEMENTS ET AMÉNAGEMENTS"

Ces journées d'information présentent :

- > l'intérêt de la valorisation des matériaux en place aux liants hydrauliques ;
- > l'avantage du béton dans les ouvrages fortement sollicités ;
- > des solutions courantes et les dernières innovations pour faire face à l'urgence climatique.

Elles s'adressent à tous les acteurs concernés par la construction et l'entretien des routes : les élus et leurs services techniques, les bureaux d'étude et tous les professionnels de la route.

Pour y assister : <https://www.infociments.fr/inscription>

BIBLIOGRAPHIE

T 50

Voiries et aménagements urbains en béton.
Tome 1 : Conception et dimensionnement
Collection technique, Cimbéton, 2019.

T 53

Espaces urbains en béton désactivé.
Conception et réalisation
Collection technique, Cimbéton, 2005.

T 57

Voiries et aménagements urbains en béton.
Revêtements et structures réservoirs
Collection technique, Cimbéton, 2007.

T 67

Aménagements décoratifs en matériaux naturels stabilisés aux liants hydrauliques.
Caractéristiques techniques et règles de bonne pratique
Collection technique, Cimbéton, 2008.

T 69

Lutter contre l'imperméabilisation des surfaces urbaines. Les revêtements drainants en béton
Collection technique, Cimbéton, 2019.

LES BÉTONS DÉCORATIFS

Voiries et aménagements urbains

> Tome 1 : Finitions, gestes et techniques
Specbea, 2014.

> Tome 2 : Entretien et rénovation
Specbea, 2016.

> Tome 3 : Les règles de l'art
Specbea, 2019.