

Objectifs

Les premières expériences faites avec des bétons autoplaçants ont montré la nécessité d'affiner leur définition, en particulier en précisant leurs caractéristiques lors de la fabrication et en adaptant les méthodes de mise en œuvre.

De plus il s'agissait de vérifier qu'ils présentaient des performances (y compris la durabilité) analogues à celles des bétons vibrés courants ou à hautes performances.

Toutes les conditions étaient réunies en 2001 pour lancer le Projet National B@P :

- volonté des entreprises et des industriels d'utiliser des bétons ne faisant plus appel à la vibration et participant à la réduction des nuisances (bruit, pénibilité),
- arrivée sur le marché de nouveaux adjuvants très performants.

Cela répondait également au besoin d'élaborer un cadre technique et réglementaire adapté au développement de ce nouveau matériau, garantissant un cadre maîtrisé d'utilisation.

Projet National B@P

Bétons autoplaçants (BAP)

Programme réalisé

Le programme retenu s'est articulé sous forme matricielle en trois thèmes expérimentaux et cinq transversaux confiés chacun à un groupe de travail.

Un groupe animé par Madame ZANNI de Physique-Chimie-Paris a conduit des recherches fondamentales en amont sur des sujets connexes. Il est intervenu dans un cadre institutionnel et avec un mode de financement indépendant du Projet National.

Les trois thèmes expérimentaux

1

Compréhension des phénomènes et caractérisation des bétons frais

Animé par Jean-Marie GEOFFRAY (LRPC Clermont-Ferrand)

Les caractéristiques des bétons autoplaçants résident principalement dans leur comportement à l'état frais : leur écoulement doit se produire sans action extérieure, si ce n'est la gravité, et bien entendu cette mise en place doit s'effectuer sans apparition de phénomènes de ségrégation ou de ressuage. Pour apprécier cette aptitude à l'écoulement plusieurs essais de réception de bétons frais ont été proposés.

Il convenait d'apprécier la validité de ces essais, tant du point de vue métrologique que du point de vue de leur pertinence, avant de les retenir définitivement pour la caractérisation des bétons.

Il était également indispensable de définir leurs limites d'emploi, la généralisation de ces essais à tous les types de bétons autoplaçants étant fort improbable. L'ensemble des équipes laboratoires-entreprises devait donc déterminer la répétabilité, la reproductibilité et la pertinence des résultats.

Pour réaliser l'ensemble de ce programme, trois axes de travail ont été retenus :

- **Caractérisation des bétons frais - robustesse des formules et sensibilité thermique.** Animé par Christine MARY-DIPPE (CEBTP Ginger)
 - les procédures d'essai,
 - les tests concernant des formules de béton de centrales et de laboratoire,
 - la robustesse des formules sélectionnées.





Paris

Immeuble R+11 réalisé en 2007 à Masséna-Tolbiac en BAP de couleur chocolat par la Société HERVE. DR



Demi-coque en béton gris lisse et béton rouge sablé.
CR - Photothèque CERIB



Voile de grande hauteur (10 à 16 mètres) en un seul coulage avec du BAP. DR



Débullage de béton autonivelant.
DR

- **Propriétés des BAP à l'état frais.** Animé par *Chafika DJELAL-DANTEC (Université d'Artois LAMH)*
 - la rhéologie des pâtes et mortiers avec validation sur béton,
 - le comportement rhéologique à l'interface béton-paroi,
 - l'étude de la ségrégation par tribométrie.
- **Prise et cinétique de durcissement et retrait au jeune âge.** Animé par *Laetitia d'ALOIA (LCPC)*
 - la cinétique de prise,
 - l'influence de la cure sur le retrait au jeune âge,
 - l'influence de paramètres de formulation sur le retrait endogène et de dessiccation au très jeune âge.

2

Fabrication et mise en œuvre des BAP

Animé par *Pierre LAPLANTE (RMC Cemex) puis par Béatrice BOURDETTE (ATILH)*

Le travail de ce groupe a été organisé autour de 4 axes :

- **Fabrication et transport des bétons.** Animé par *Pierre LAPLANTE puis Roland SCHELL (Béton Labo Service)*
Cet axe a étudié :
 - les principaux paramètres de fabrication pouvant avoir une influence sur les propriétés des BAP et plus particulièrement la teneur en eau des constituants et le temps de malaxage,
 - l'influence éventuelle du transport en toupie sur l'évolution des caractéristiques des BAP.
- **Mise en œuvre.** Animé par *Denis KAPLAN puis par Sylvie LECRUX (CTG)*
Grâce à deux sites expérimentaux mis à disposition par Italcementi-Group à Guerville, il a été possible de mener des expérimentations à l'échelle 1 dans des conditions optimales pour :
 - étudier l'influence des différents modes de remplissage des coffrages sur les caractéristiques d'homogénéité in situ et sur les qualités des parements obtenus,
 - déterminer la longueur maximale de cheminement et la hauteur de chute maximale dans un coffrage,
 - étudier les profils de pression exercée dans les coffrages.
- **Cure.** Animé par *Lionel LINGER (VINCI)*
Le groupe a recherché les conditions de cure permettant de vérifier des comportements sur ouvrage vertical et horizontal comparativement à ceux constatés pour les bétons courants.
- **Parements et homogénéité.** Animé par *Daniel DUROT (Rincent BTP Services)*
 - définition d'appareillage et d'une méthode d'essais pour la mesure de l'homogénéité in situ d'un béton mis en œuvre dans un ouvrage,
 - méthode de quantification de la qualité des parements vis-à-vis du bullage et des hétérogénéités de teintes,
 - mesure de la pression du BAP sur les coffrages.

3

Mesure et caractérisation des BAP durcis

Animé par *Lofti HASNI (CEBTP Ginger)*

Ce thème avait pour objet l'étude des propriétés des BAP à l'état durci. Il a bénéficié d'une bibliographie financée par la Fédération Française du Bâtiment et mise à la disposition du projet.



Qualité des ouvertures dans voile en BAP. DR



Agrilead, mur autostable BAP. DR



Le BAP peut être injecté dans les coffrages « à l'aveugle ». DR

- **Propriétés mécaniques des bétons.** Animé par Bernard FOURE (CEBTP Ginger) traitant :
 - des propriétés mécaniques des BAP,
 - des reprises de bétonnage,
 - de l'adhérence des aciers,
 - des incidents dus aux écarts de composition,
 - de l'incidence de la mise en œuvre.
- **Retrait et fluage.** Animé par Gérard PONS (LMDC Toulouse)
Les retraits endogènes et de dessiccation pouvant induire des fissurations de peau, l'influence de paramètres de compositions, tels que volume de pâte, présence d'agents viscosants... ont été examinés à travers plusieurs thèses traitant également du fluage.
- **Durabilité.** Animé par Jean-Pierre BOURNAZEL (LERM)
Etude de l'influence de la grande fluidité de ces matériaux sur la stabilité des réseaux de bulles d'air et par répercussion sur la tenue au gel des bétons autoplaçants soumis à ce type d'environnement.

Les cinq groupes transversaux

1

Veille technologique, coordination des travaux et rédaction des Recommandations

Animé par François CUSSIGH (GTM Construction Groupe Vinci)

Ce groupe, à caractère technique transversal, a eu pour mission de préparer et coordonner les travaux des groupes expérimentaux et de mettre à jour les recommandations d'emploi des BAP.

2

Incidences sur la réglementation

Animé par Yann JAFFRE (Sétra)

Réflexion sur les domaines pour lesquels l'utilisation des bétons autoplaçants nécessite l'amendement des textes existants ou l'élaboration de textes nouveaux.

3

Chantiers expérimentaux

Animé par Michel GUERINET (EIFFAGE Construction)

L'objectif était de vérifier sur des chantiers expérimentaux que les connaissances acquises dans les conditions «de laboratoire» restaient valides dans le cadre d'ouvrages réels.

Sur le site de Guerville, des expérimentations en vraie grandeur ont permis de préciser les caractéristiques des bétons, notamment à l'état frais, d'affiner les méthodes de fabrication, de mise en œuvre et de caractériser les propriétés des bétons durcis.

Une seconde expérimentation a été réalisée à Montluçon afin d'apprécier l'homogénéité du BAP dans le camion malaxeur après adjuvantation sur le site.

“Des expérimentations en vraie grandeur ont permis de préciser les caractéristiques des bétons, notamment à l'état frais, d'affiner les méthodes de fabrication et de mise en œuvre et de caractériser les propriétés des bétons durcis.”



Immeuble de bureaux. DR



CR - Photothèque CERIB



DR

4

Impacts socio-économiques des BAP

Animé par Bernard FORTIER et Marc WASTIAUX (VINCI)

La mission de ce groupe, réunissant un panel complet de la profession, a été de réfléchir aux impacts socio-économiques potentiels des BAP.

Trois axes de recherches ont été identifiés :

■ Impacts des BAP au sein de l'entreprise.

- la réduction de la pénibilité du travail,
- les niveaux de bruit en l'absence de vibration,
- l'organisation des cycles de travail et l'incidence de la loi des 35 heures,
- la définition et l'ergonomie des matériels,
- les surcoûts de fabrication et les gains de productivité.

■ Impacts des BAP sur l'environnement et à l'extérieur de l'entreprise.

- la qualité des parements,
- la conception des structures en fonction des caractéristiques des bétons,
- les impacts sur les partis architecturaux,
- les nouveaux domaines d'emploi,
- les arguments justifiant leur emploi pour un projet dans un contexte d'environnement sensible.

■ Impacts des BAP sur les DTU et spécifications des marchés.

- les chapes et revêtements de sols,
- la finition des murs,
- les épaisseurs des murs acoustiques et confort d'habitation.

5

Valorisation

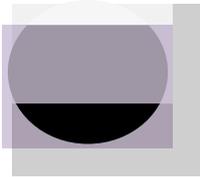
Animé par Yves MALIER (EFB) et Bernard DAVID (CIMBETON)

Ce groupe a assuré une diffusion des connaissances acquises au cours des études et en fin de projet au moyen de monographies, d'articles, de conférences ou de colloques.

CR : photothèque CERIB



“Du point de vue à la fois social et environnemental, la suppression de la vibration améliore sensiblement les conditions de travail et la sécurité sur les chantiers et en usine et occasionne un moindre impact sonore sur l'environnement.”



Organisation

La Direction du Projet

Président du Comité Directeur : Yves MALIER
Vice-Président : Gérard PONS
Directeur du Projet : Michel GUERINET
Suivi IREX : Bernard FARGEOT
et Françoise SCHVIRTZ

Les partenaires

- Atofina - ATILH - Bouygues - Campenon Bernard
- SGE - CAPREMIB - Carmeuse - CEBTP - CERIB - CETU
- - Chryso - Ciments d'Origny - Cogema - CRIC - CTG
- - Italcementi Group - Ecole Centrale de Nantes -
- EDF - ESTP - FFB - FNTP - Fosroc - Fougerolle - GTM
- Construction - Hussor - INSA Lyon - Lafarge - LAMH
- - LCPC - LERM - LMDC Toulouse - LMT Cachan - MBT
- - Outinord - Péri SAS - Pieri - Poussard - Prefaest -
- Rincent BTP Services - RMC - Saret - Sifracco - Skado
- Couvrot - SNBPE - SNCF - Surchiste - Université de
- Cergy-Pontoise - Vicat



Durée Budget

Le Projet National B@P s'est déroulé en 3 tranches de 2001 à 2006.

Le budget s'est élevé à 4 226 000 € HT, dont 812 000 € de subvention DRAST, le solde étant financé par les apports en nature et les cotisations des partenaires.



Publications

L'ensemble des résultats du Projet National B@P a été présenté au cours de manifestations publiques organisées notamment :

- à Paris à la FNTP en novembre 2006,
- à Nantes avec le concours de l'Ecole Centrale et des Fédérations Régionales Pays de la Loire, du Bâtiment et des TP en Octobre 2007,
- à Nîmes avec le concours de l'Ecole des Mines d'Alès et les Fédérations Régionales Languedoc-Roussillon du Bâtiment et des TP en Novembre 2007,
- à Metz avec l'ESITC (Ecole Supérieure d'Ingénieurs des Travaux de la Construction) et les Fédérations Régionales Alsace Lorraine du Bâtiment et des TP en décembre 2007,
- à Toulouse avec le concours de l'INSA et des Fédérations Régionales Midi-Pyrénées du Bâtiment et des TP en Mars 2008.

Ces résultats sont regroupés dans plusieurs ouvrages :

- « **Recommandations pour l'emploi des Bétons Autoplaçants** » (franco-anglais) édité par l'AFGC,
- « **Avancées technologiques dans le domaine des Bétons Autoplaçants – travaux du Projet National B@P** » édité par les Presses de l'Ecole Nationale des Ponts & Chaussées.
- Une monographie des ouvrages en BAP est éditée par CIMbéton.

A noter que ce Projet National a servi de support à de nombreuses thèses.

CR - Photothèque CERIB



Applications et retombées du Projet National

Les avantages de l'emploi des bétons autoplaçants sont autant d'ordre techniques qu'économiques et sociaux. Ces matériaux sont utilisables aussi bien pour la réalisation d'ouvrages verticaux et horizontaux des chantiers de bâtiment et de génie civil qu'en usine de préfabrication.

Dix ans après le démarrage du Projet National, le volume annuel mis en œuvre est de l'ordre de 2,5 à 3 millions de m³ et plus de 50 % des produits à démoulage différé sont fabriqués en BAP.

■ Techniquement, leur facilité de mise en place permet la réalisation d'ouvrages de géométries complexes et fortement ferrailés, des voiles minces de grande hauteur ou avec de nombreuses réservations et de grandes ouvertures, ou bien d'accès difficile. Ils améliorent l'aspect esthétique des parements et permettent de satisfaire les plus audacieuses exigences architecturales.

■ Sur le plan économique, ces bétons permettent la réduction des temps de bétonnage, notamment grâce à leur mise en œuvre à la pompe, et donc une optimisation de l'organisation des chantiers. La suppression de la vibration permet une réduction des coûts d'investissement et d'entretien des coffrages et des moules.

“ Dix ans après le démarrage du Projet National, le volume annuel mis en œuvre est de l'ordre de 2,5 à 3 millions de m³ et plus de 50 % des produits à démoulage différé sont fabriqués en BAP. ”

CR - Phothèque CERIB

■ Du point de vue social et environnemental, la suppression de la vibration améliore sensiblement les conditions de travail et la sécurité sur les chantiers et en usine et occasionne un moindre impact sonore sur l'environnement.

■ Les bétons autoplaçants font désormais partie des formulations courantes proposées par la majorité des centrales de Béton Prêt à l'Emploi. L'offre de produits proposés par le réseau des centrales de BPE couvre toute la gamme des performances mécaniques, des résistances courantes à très élevées, permettant d'obtenir une très grande variété de textures, de teintes et d'aspects de surface.

■ La disponibilité d'un cadre de Recommandations (relayées par la norme NF EN 206) résultant pour une part importante des travaux du Projet National B@P et s'appuyant sur une dizaine de thèses pilotées par les universités, permet maintenant d'envisager un potentiel de développement important sur les chantiers. L'intérêt économique global apporté par ces matériaux est aujourd'hui démontré et leur disponibilité sur le marché est réelle permettant aux entreprises françaises d'assurer leur compétitivité sur le plan international.



CR - Phothèque CERIB

