

Les contrôles sur le béton à l'état frais constituent les premières vérifications possibles de la conformité d'un béton. Le LERM¹ détaille ici les différents types d'essais.

Connaissances fondamentales

Les essais sur bétons frais

1 > Etats des lieux

La norme béton NF EN 206-1 précise que "tous les bétons doivent être soumis à un contrôle de production sous la responsabilité du producteur". Ces contrôles ont pour but de vérifier la conformité par rapport aux spécifications en vigueur et/ou à un cahier des charges demandé. Parmi tous les contrôles nécessaires, il faut distinguer ceux qui sont effectués lorsque le béton est à l'état frais [objet de cet article] de ceux qui le sont lorsqu'il est à l'état durci [développés dans le prochain numéro].

Les contrôles réalisés sur le béton à l'état frais constituent les premières vérifications possibles de la conformité d'un béton et permettent, à la livraison de ce dernier, de pouvoir détecter d'éventuelles variations susceptibles de nuire à la mise en œuvre. Et donc à la bonne tenue des ouvrages dans le temps.

2 > La consistance, principale caractéristique à contrôler

Le béton étant un matériau moulable, il doit présenter, à l'état frais, des caractéristiques lui permettant de bien remplir les coffrages et de bien enrober les armatures. Cette aptitude est appelée ouvrabilité. Elle est qualifiée par la mesure de la consistance. Dans la pratique, un béton est considéré comme ayant une ouvrabilité correcte, s'il présente une consistance adéquate pour les conditions de mise en œuvre considérées. La consistance et son maintien éventuel dans le temps constituent donc les paramètres essentiels à mesurer sur le béton à l'état frais : une consistance non conforme aux conditions de mise en œuvre ne peut en effet que conduire à la présence de vides, de nids de cailloux, ou encore de phénomènes de ségrégation, altérant les caractéristiques visées du béton, à l'état durci, et par voie de conséquence à sa durabilité.

La consistance n'est pas une caractéristique intrinsèque du béton, puisqu'elle dépend de l'appareillage qui sert à la mesurer. Ainsi, une valeur de consistance ne peut pas être dissociée de la méthode ayant permis de la mesurer. Jusqu'à la norme XP P 18-305, l'ensemble des bétons pouvait s'intégrer dans quatre classes de consistance – ferme, plastique, très plastique et fluide –, déterminée à partir de la mesure de l'affaissement au cône d'Abrams, actuellement définie par la norme EN 12350-2.

Depuis quelques années, les bétons sont devenus de plus en plus fluides afin de faciliter leur mise en œuvre et de réduire les défauts de remplissage des coffrages, ces derniers devenant par ailleurs de plus en plus complexes en raison des progrès techniques. Une nouvelle classe de consistance, correspondant aux bétons très fluides, a ainsi vu le jour dans la norme européenne EN 206-1, pour laquelle la détermination de la consistance par la mesure de l'affaissement au cône d'Abrams a révélé ses limites en raison d'une trop faible sensibilité.

De nouveaux moyens de mesures ont par conséquent été développés afin de déterminer la consistance de ces bétons très fluides (voir tableau 1) :

1 > L'essai d'étalement à la table à chocs selon la norme NF EN 12350-5.

Cet essai vise à déterminer la consistance d'un volume de béton, non plus à partir d'une valeur d'affaissement, mais à partir de la mesure de l'étalement sur un plateau plan soumis à des chocs.

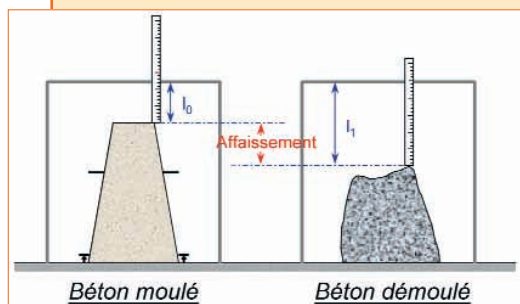
2 > L'essai Vébé selon la norme NF EN 12350-3.

Cet essai consiste à mesurer le temps mis par un tronc de cône de béton pour remplir un moule cylindrique sous l'effet d'une vibration.

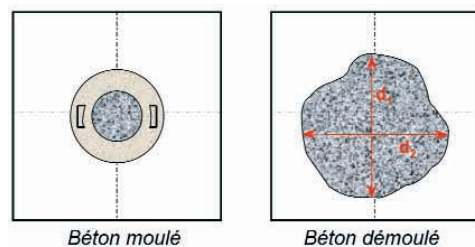
3 > L'essai de degré de compactibilité selon la norme NF EN 12350-4.

Cet essai consiste à mesurer le volume de béton frais avant et après compactage sous vibration, dans un récipient de volume fixé. Le résultat exprimé est le rapport entre le volume apparent initial et le volume apparent final du béton.

Tableau 1 Classes de consistance définies par la norme EN 206-1.



Principe de la mesure de l'affaissement au cône d'Abrams.



Étalement = $(d_1 + d_2)/2$ à 10 mm près

Principe de la mesure de l'étalement à la table à chocs (vue en plan).



Béton de classe de consistance S5 déterminée par mesure de l'affaissement au cône d'Abrams.

XP P 18-305

Affaissement (cm)	Consistance	Désignation
< 4	Ferme	F
5 à 9	Plastique	P
10 à 15	Très plastique	TP
> 16	Fluide	FL

EN 206-1

Affaissement (mm)	Consistance
10 à 40	S1
50 à 90	S2
100 à 150	S3
160 à 210	S4
> 220	S5



[@LERM]

Mesure de l'étalement d'un Bap au cône d'Abrams.

3 > Qu'en est-il des bétons auto-plaçants ?

Il y a une dizaine d'années, des bétons très fluides, les Ban (bétons auto-nivelants) et surtout les Bap (bétons auto-plaçants) ont vu le jour. Ces matériaux ont révolutionné le monde du béton car ils permettent d'obtenir les mêmes qualités qu'un béton traditionnel, mais sans vibration, la compaction se faisant par le seul effet gravitaire. Les durées de chantier sont alors plus courtes et les conditions de travail améliorées. L'extrême fluidité de ces bétons nécessite cependant une grande vigilance concernant les caractéristiques à l'état frais telles que la consistance, l'absence de ségrégation et de ressuage. Des méthodes de contrôle ont alors été élaborées avec l'ensemble de la profession pour mieux appréhender ces nouveaux bétons. Parmi ces méthodes, nous retrouvons :

- la méthode de la mesure de l'étalement au cône d'Abrams (sans table à chocs), qui permet de mesurer la consistance du béton ;
- la méthode de la mesure de stabilité au tamis pour s'assurer de la bonne cohésion. Cette dernière consiste à déverser une quantité de béton sur un tamis de 5 mm avec une certaine hauteur de chute afin de quantifier la laitance qui s'est désolidarisée du béton et est parvenue à traverser ce tamis.

Enfin, la qualité de remplissage d'un coffrage est évaluée par :

- la méthode de la mesure de la mobilité en milieu confiné du béton, méthode qui consiste à

mesurer le niveau de remplissage d'une boîte en L par le béton qui traverse un plan de fers à béton régulièrement espacés.

L'utilisation de ce type de béton est encadrée par les recommandations issues du projet national B@P, recommandations pour l'emploi des bétons auto-plaçants parues en janvier 2008. Le projet de norme prNF EN 206-9 (actuellement soumis à enquête pour approbation) permettra d'officialiser ces nouveaux modes opératoires et de fournir une classification des différents Bap (voir tableau 2).

Etalement	Degré de compactabilité	Affaissement	Description de la consistance
	C0 - $\geq 1,46$		Raide
F1 - < 340 mm	C1 - 1,45 à 1,26	S1 - 10 à 40 mm	Ferme
F2 - 350 à 410 mm	C2 - 1,25 à 1,11	S2 - 50 à 90 mm	Plastique
F3 - 420 à 480 mm	C3 - 1,10 à 1,04	S3 - 100 à 150 mm	Molle / Très plastique
F4 - 490 à 550 mm		S4 - 160 à 210 mm	Très molle
F5 - 560 à 620 mm		S5 - ≥ 220 mm	Fluide
F6 - > 630 mm			Très fluide

Tableau 2 Spécifications des Bap à l'état frais de la prNF EN 206-9.

4 > Quels sont les autres essais ?

D'autres essais existent pour contrôler les caractéristiques et les qualités d'un béton à l'état frais. Parmi eux figure la mesure de la masse volumique selon la norme NF EN 12350-6 dont l'objectif est de s'assurer que les dosages ont été respectés et que le rendement volumique est de 1. Ou encore la détermination de la teneur en air du béton selon la norme NF EN 12350-7. La connaissance de la teneur en air peut non seulement être un indicateur de la future résistance du béton à une agression par le gel, mais permet aussi d'appréhender la future résistance à la compression du béton. Par exemple, une variation de 1% de la teneur en air d'un béton peut conduire à des variations de résistances de 4 à 6%. Enfin, l'essai d'écoulement à l'entonnoir en V, selon le projet de norme prNF EN 12350-9, ou bien l'essai d'écoulement à l'anneau, selon le projet de norme prNF EN 12350-12, constituent d'autres contrôles des caractéristiques des Bap à l'état frais.



[@LERM]

Mesure de la stabilité au tamis pour appréhender la cohésion.

5 > Le dernier contrôle

Les essais réalisés sur les bétons à l'état frais sont souvent très simples et faciles à mettre en œuvre. Ils permettent d'effectuer un dernier contrôle avant le coulage de l'ouvrage. Ces essais peuvent être menés à la centrale à béton. Dans le cadre du contrôle interne, le fabricant s'assure qu'il livre bien un produit conforme à ce qu'on lui a commandé. Sur le chantier, c'est le client qui vérifie que le produit livré répond à son cahier des charges. Ce dernier examen est effectué dans le cadre du contrôle externe, réalisé par l'entreprise, ou du contrôle extérieur, réalisé par le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage.

Emmanuel Périn

Responsable du laboratoire des essais physiques du LERM

Christophe Carde

Directeur technique du LERM

¹En tant que laboratoire conseil indépendant spécialisé dans la caractérisation des matériaux de construction et de leurs pathologies, le LERM (Laboratoire d'études et de recherches sur les matériaux) est chaque jour confronté à l'étude des problématiques liées aux bétons.



[@LERM]

Mesure de la mobilité du béton en milieu confiné à la boîte en L.