



## Contrôler l'humidité dans le Béton Auto-Plaçant

Avec la croissante popularité des bétons spéciaux telle que le Béton Auto-Plaçant (BAP), les fabricants se sont vus obligés de se pencher davantage sur les spécifications des matériaux utilisés. Les méthodes de fabrication pour réaliser ce type de bétons ne sont pas en reste et il a fallu s'employer afin d'assurer une qualité acceptable que ce soit d'un point de vue dosage, malaxage ou transport du produit sur chantier. Personne ne peut nier qu'un BAP réclame une attention et un contrôle qualité supérieurs à ceux d'un béton classique. Ceci nécessite de fait l'amélioration des compétences et l'utilisation d'outils capables de contrôler efficacement machines et matériaux.

### L'importance de l'eau

Le contrôle de l'eau dans le béton, quel qu'il soit, a toujours été essentiel, cependant comme nous le décrirons dans cet article, il est encore plus crucial dans la production de BAP. Ses effets sont directement mesurables en termes de résistance, de propriétés de coulage et de durabilité. Ces effets peuvent mettre à mal les principales caractéristiques des bétons, en particulier sa résistance, son ouvrabilité, son écoulement, sa rhéologie, sa stabilité et sa durabilité.



### Raisons des variations de l'eau

L'apport d'eau peut varier au cours de différentes phases lors de la production, en particulier par :

- la variation d'eau naturellement contenue dans les agrégats (humidité).
- le transport et le stockage non couvert des matériaux qui sont susceptibles d'augmenter le contenu en eau lors de pluies ou de le réduire par évaporation.
- la précision des systèmes d'ajout d'eau dans le malaxeur.

### Les effets des variations d'eau

La variation d'eau affecte la production de béton de multiples façons. Pour une meilleure compréhension de ces effets, on détaillera son action sur les constituants proprement dits ainsi que celle sur les propriétés du béton final. L'humidité peut avoir un impact sur :

- le dosage des agrégats
- le volume d'eau ajouté dans le malaxeur
- la résistance du béton
- la durabilité, le fissurage, la déformation du béton
- la consistance
- la stabilité du mélange

### Le dosage des agrégats

Une variation d'humidité de 1 % dans les agrégats pesés occasionnera une différence de 10 kg du poids de l'agrégat sec pour 1000 kg dosés dans le malaxeur. De façon mathématique, plus la variation d'humidité augmentera et plus la quantité d'agrégats sera importante, plus les conséquences deviendront pénalisantes.

Taille	Grandeur % Humidité
Sable Fin	0 à 16
Sable grossier	0 à 12
8mm	0 à 10
10mm	0 à 4
12mm	0 à 3
20mm	0 à 2

Humidités moyennes des agrégats dans le béton

Comme on peut le voir ci-dessus, la valeur d'eau libre 'captée' par un agrégat augmente en fonction de la diminution de sa taille. La raison en est l'augmentation relative de sa surface pour un poids identique. Le BAP utilise davantage d'agrégats fins (généralement 48 à 55 % du poids total des agrégats), ce qui accroît encore les effets d'une variation d'humidité par rapport à un béton ordinaire.

### Le volume d'eau ajouté dans le malaxeur

En fonction du dosage des agrégats, le volume d'eau ajouté par leur humidité sera directement lié à leur variation. Pour une densité de 2400 kg/m<sup>3</sup>, une erreur de 1 % d'humidité occasionnera 24 litres en plus ou en moins. Ce qui aura un effet considérable sur les performances d'un BAP.

### Résistance du béton

La variation d'eau incorporée provoquera inéluctablement une modification du rapport e/c (eau/ciment) du béton produit. Ceci affectera sa résistance à la compression et à la traction.

### Durabilité, Fissurage, Déformation du béton

La déformation du béton dépend aussi du rapport e/c et ceci peut amener indirectement un préjudice à sa durabilité. En effet, une variation d'eau peut provoquer des contraintes liées à la quantité d'eau disponible en interne durant sa prise. Ces aléas associés à une stabilité fragile du BAP accroîtront la perméabilité de surface du béton fini, avec un effet sur sa durabilité.

### Consistance

Pour de multiples raisons, le changement de la valeur en eau va avoir une incidence sur l'écoulement du BAP. S'il paraît évident que le contenu en eau libre agit directement sur cet écoulement, il n'en est pas la seule cause.

La composition en agrégats représente un autre dommage collatéral dû à cette variation en eau. En effet, la variation du squelette granulaire va modifier les caractéristiques de coulage du béton. Il a été prouvé que le rapport sable sur agrégats (s/a) n'est pas non plus à négliger.

Un squelette granulaire non conforme peut intervenir aussi d'une autre façon, du fait de la modification de la surface totale des grains. Ceci va perturber l'action des adjuvants superplastifiants - hauts réducteurs d'eau.

On trouve certains agents modifiant la viscosité pour rattraper ces problèmes. Malgré tout, selon les fournisseurs d'adjuvants, il existe des marges de sécurité à ne pas dépasser (15 litres d'eau pour des bétons conventionnels, 7-10 litres pour des BAP – valeurs en préfa).

### Stabilité du mélange

S'assurer de dosages conformes à ceux définis dans la recette est primordial pour éviter le ressuage, la ségrégation ou un défaut de plasticité. Un contrôle précis et répétable de l'eau aidera à s'affranchir de ce type de problèmes.

## Bénéfices financiers liés à la Mesure d'Humidité

De même qu'elle améliore la qualité du béton, la mesure d'humidité pourra amener de substantiels profits lors de la production. On peut retrouver ces gains par la réduction des déchets ou par une optimisation de l'efficacité des matériaux utilisés.

Il existe des gains significatifs possibles sur une centrale munie d'un système de contrôle de l'humidité. Ceci tout en assurant un béton constant et précis, gâchée après gâchée.

- la quantité de ciment (recettes généralement en surdosage) peut être réduite.
- les rendements liés aux caractéristiques d'un ciment spécial seront optimisés, rapidement rentables pour des productions en volume que ce soit pour le BPE ou la préfa.
- Efficacité accrue lors de l'utilisation des colorants.
- Viscosité constante
- Surface régulière après séchage.

En évitant le surdosage ou le sous-dosage des ciments, le producteur de béton réduira les coûts de ciment tout en améliorant les rendements de production. L'amélioration est telle que nos retours clients nous indiquent un retour sur investissement de 3 à 6 mois.



Sonde Humidité Hydro-Probe

## Méthodes pour mesurer l'Humidité dans la Production Béton

La technique micro-ondes s'est avérée la plus adaptée pour la mesure d'humidité dans la production béton, principalement grâce à sa précision (généralement dans une échelle de +/-0.2 % à +/-0.4 % selon la qualité du calibrage), mais aussi par son insensibilité à la poussière, à la couleur, ainsi qu'enfin un rapport qualité/prix sans concurrence.

Hydronix est le leader mondial de la mesure d'humidité par micro-ondes. Avec ses solutions pour mesurer que ce soit dans les agrégats ou dans le béton frais lors du malaxage, les produits Hydronix permettent une mesure numérique 25 fois par seconde, correspondant à ce qui se fait de mieux d'un point de vue précision et temps de réponse.

## Mesure de l'humidité dans les cases agrégats, les trémies et les tapis

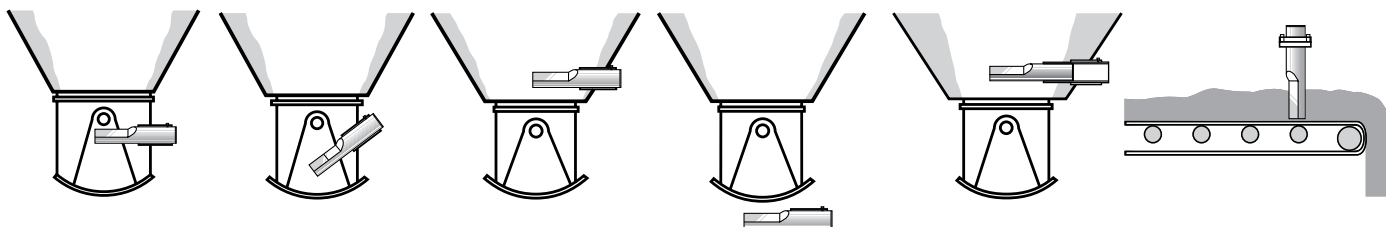
Pour ce type de mesure, on utilisera généralement la sonde Hydro-Probe fixée à proximité de la trappe du silo. Une fois le capteur correctement étalonné, on pourra même récupérer une valeur moyenne de l'humidité pour chaque gâchée permettant à l'automatisme d'effectuer la correction pour obtenir la valeur correcte en agrégats secs en temps réel.

L'emplacement le plus courant pour une sonde numérique micro-onde se situe dans l'embouchure à l'intérieur du silo, la sonde récupérant la valeur dans le flux du produit lors de l'écoulement sur sa face céramique. On peut aussi l'installer le long de la paroi du silo ou à la verticale sous le casque. Pour un tapis, le capteur pourra être installé à la verticale au-dessus de celui-ci avec la tête céramique plongeant dans le sens de la veine, cela est également vrai pour un tapis extracteur sous un silo.

On peut apprécier les différentes positions dans les graphiques ci-dessous.



Sonde installée sous une trémie



## Mesure de l'humidité dans les Malaxeurs

La mesure d'humidité dans le béton frais à l'intérieur du malaxeur va permettre au fabricant de béton un contrôle de l'eau contenue dans le béton final avant la vidange.

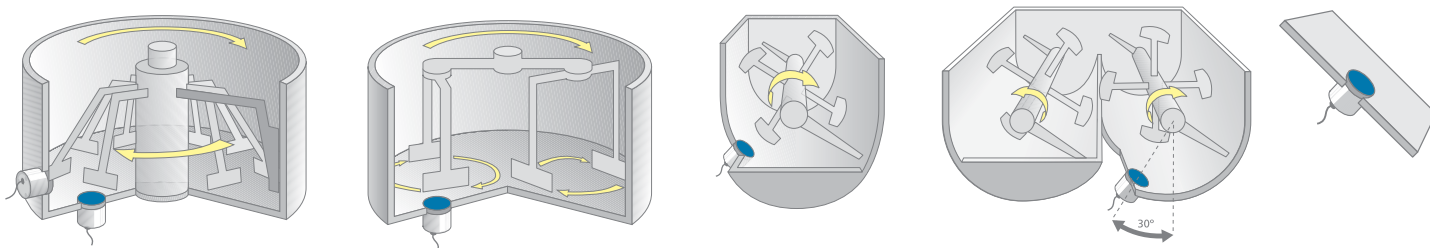
Cela assure une correction en temps réel de la quantité d'eau qui peut varier en fonction des erreurs de calcul de l'eau contenue dans les agrégats, de l'apport/perte d'eau pendant les transferts dosage vers malaxeur, d'une pression changeante du système d'ajout d'eau.

Hydronix a adopté la technique numérique micro-onde pour les sondes malaxeurs. La mesure de la sonde de fond Hydro-Mix ou de la rotative Hydro-Probe Orbiter permet de calculer le volume correct d'eau à ajouter destiné à fournir un pourcentage constant gâchée après gâchée.

Les capteurs Hydronix autorisent 3 modes de mesure, les rendant uniques sur le marché. Cette possibilité de choix est particulièrement utile lors de la production de BAP où les densités peuvent évoluer de façon conséquente lors de l'ajout des superplastifiants dans le malaxeur. Hydronix, en proposant ces modes, a créé une innovation de rupture qui offre de nouvelles options dans la mesure d'humidité précisément dans la production de ces bétons.



Sonde installée dans un malaxeur

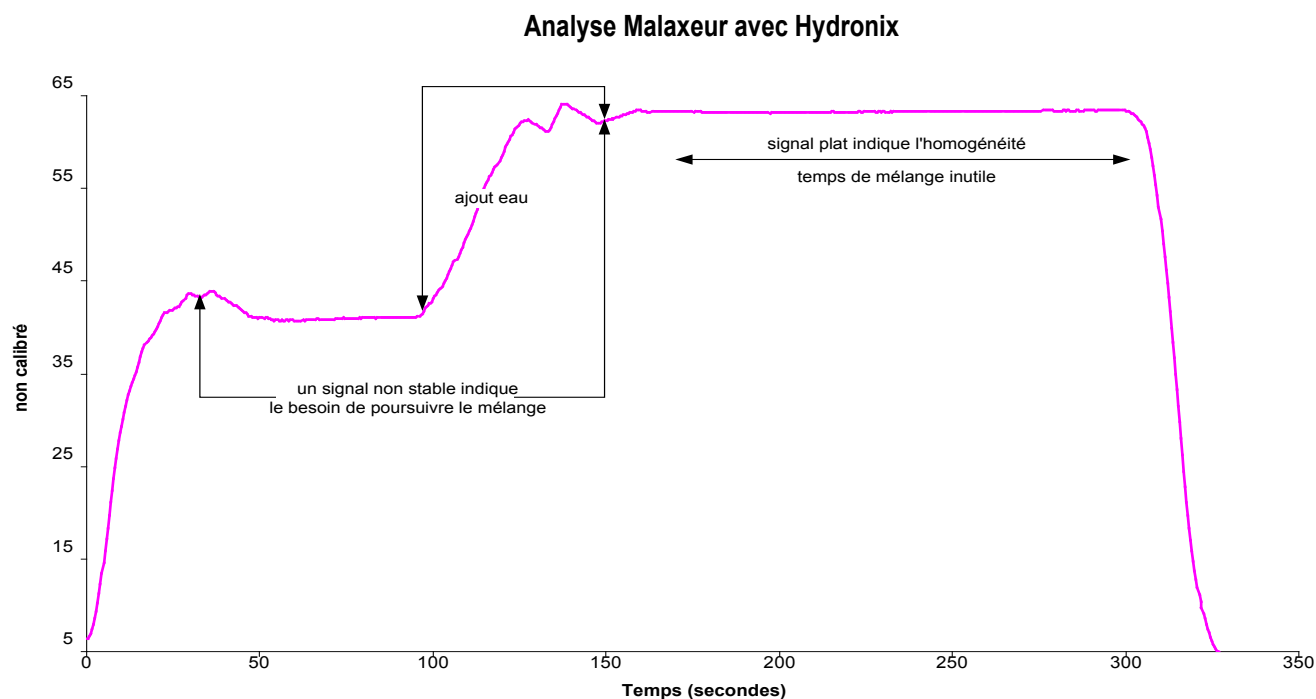


### Sondes Hydronix pour Malaxeur

l'Hydro-Mix, sonde de fond et l'Hydro-Probe Orbiter, sonde rotative dans le mélange

## Contrôle de l'Homogénéité dans les Malaxeurs grâce aux Sondes d'Humidité

Les capteurs Hydronix sont aussi capables de définir le niveau d'homogénéité dans un malaxeur à chacune des phases du cycle. En effet, on peut utiliser le contrôle de l'humidité comme indicateur de constance concernant la dispersion des éléments dans le mélange. Quand les agrégats sont mélangés avec le ciment, l'eau et les adjuvants, une variation de l'humidité peut informer sur le degré d'homogénéisation du mélange. Un signal plat provenant de la sonde malaxeur indique que l'homogénéité est atteinte.



### Cycle normal vu par une sonde Hydro-Mix

En utilisant les sondes Hydro-Mix ou Hydro-Probe Orbiter, le producteur peut déterminer le point précis d'homogénéisation pour une recette donnée. Cela permet de définir le moment optimum pour la vidange malaxeur. Un produit pointu nécessitant une surface lisse et une couleur constante sera malaxé exactement ce qu'il faut, et de même un béton de bloc (de valeur ajoutée moindre et moins délicat à réaliser) pourra rester moins longtemps dans le malaxeur tout en ayant atteint sa qualité et sa consistance.

## Autres Facteurs pouvant affecter la Qualité

Il existe bien sûr d'autres facteurs susceptibles d'affecter la qualité. On y trouve les compétences de l'opérateur de la centrale, la fiabilité des dosages, les systèmes de gestion ainsi que les caractéristiques des matériaux utilisés. Une modification des caractéristiques des matériaux utilisés affectera la quantité d'eau nécessaire et par conséquent la consistance du produit fini. Par exemple, une augmentation des fines dans un matériau nécessitera davantage d'eau pour obtenir une rhéologie identique. Et de surcroît, cela réduira sa résistance. L'avantage d'utiliser un système de contrôle d'humidité précis et répétable consiste à pouvoir considérer le pourcentage d'humidité des matériaux et celle du mélange final comme des « valeurs sûres ». Cela rassure l'opérateur et lui laisse le temps pour suivre les autres paramètres du processus béton, voire même à les améliorer.

## Conclusion

S'assurer un contrôle qualité adapté est encore plus important pour le BAP que pour un béton conventionnel. Un moyen simple et rentable pour réduire les fluctuations dans le béton frais ou durci consiste à installer des systèmes de mesures d'humidité numériques dans les cases agrégats ainsi que dans le malaxeur.

Afin de réaliser du BAP, il est bien sûr essentiel d'enregistrer et corriger en temps réel l'humidité des agrégats, que ce soient pour les sables ou les graviers. Si le dosage et la compensation en poids secs des matériaux sont primordiaux, il en est tout autant du contrôle de l'ajout d'eau dans le malaxeur ainsi que du suivi du point d'homogénéité avant la vidange.

Il est important de surveiller en permanence l'humidité des granulats, le squelette granulaire et le contenu en fines de ces agrégats, ceci afin d'obtenir un BAP avec des caractéristiques constantes. Les organismes institutionnels ainsi que l'expérience sur site préconisent que le sable doive être contrôlé pour chaque gâchée et que les graviers ne doivent pas être en reste.

Nous avons vu l'importance de l'humidité pour le BAP. Il est opportun de pouvoir utiliser le même équipement pour vérifier le point d'homogénéité avant vidange du malaxeur.

L'utilisation des capteurs Hydronix numériques à micro-ondes amène un degré inégalé de précision, de répétabilité par une intégration aisée dans l'automatisme.

Enfin, si la mesure d'humidité dans le BAP permet d'obtenir un haut niveau de qualité, elle assure aussi un profit croissant avec un retour sur investissement de quelques mois.