

LA REVUE SCIENTIFIQUE

MAI 2022

2

JEUX POUR
MIEUX
DÉCOUVRIR LE
SUJET

**PAGE 7-8: TENTE
L'EXPÉRIENCE !**

UN MAGAZINE LUDIQUE

POUR LES GRANDS ET LES
MOINS GRANDS

**LES GRANULATS
RECYCLÉS DANS
LE BÉTON**

**SUJET SPECIAL:
ÉCOLOGIE**

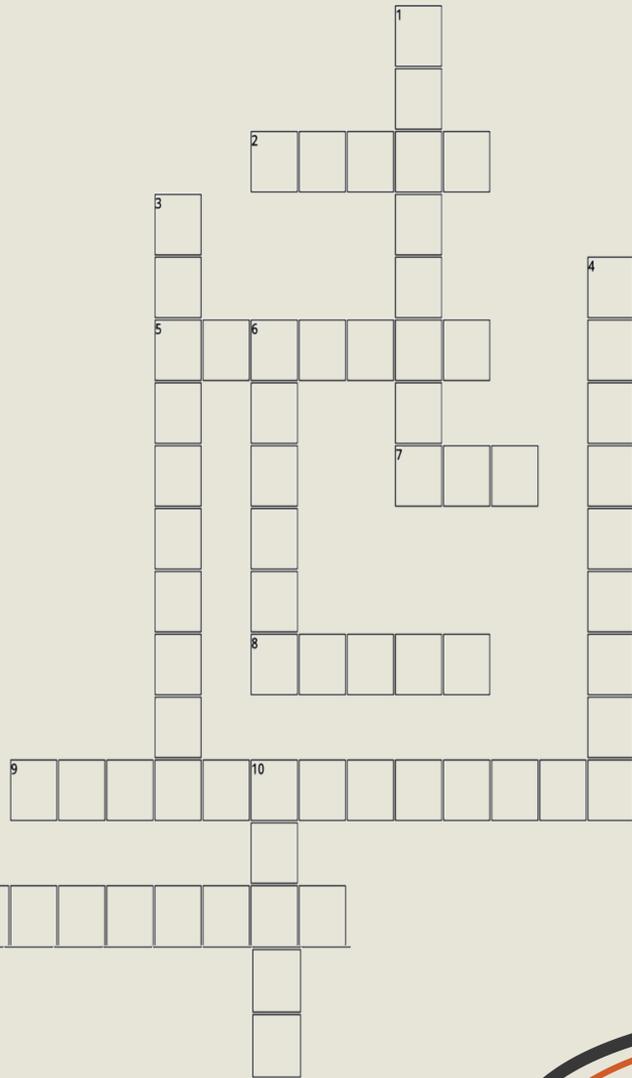
M 02773 - 3337 - F: 3,50 €



LAREVUESCIENTIFIQUE.FR

AVANT-PROPOS

Quelques mots de vocabulaire et lexique de base pour comprendre le sujet :



Horizontal

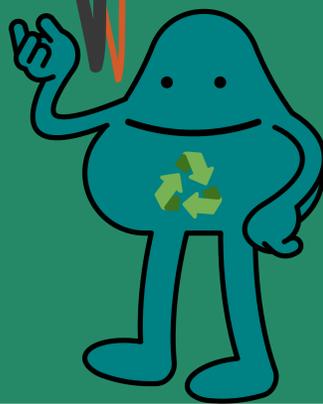
2. Matériau de construction issu du mélange d'un mortier et de gravier
5. Opération permettant de retirer le corps liquide d'un matériau par vaporisation
7. Corps liquide indispensable à la réalisation d'un béton
8. Instrument qui sert à passer et à séparer les éléments d'un mélange
9. Mesure de la forme, de la dimension et de la répartition en différentes classes des grains
11. Ensemble de matériaux inertes (sable, gravier, etc.) entrant dans la composition des mortiers, des bétons

Vertical

1. Doctrine visant à vivre tout en protégeant l'environnement
3. Capacité d'un matériau à aspirer un liquide
4. Action de récupérer des déchets et de les réintroduire, après traitement, dans le cycle de production
6. Matière calcaire qui, mélangée avec un liquide, forme une pâte durcissant à l'air ou dans l'eau. Peut être de Portland et de type CEM III
10. Un liant est une substance agglomérante qui fait corps

Des difficultés ?

Les réponses se trouvent à 180° d'ici... En espérant qu'on ne les atteigne pas un jour... Heureusement, on te parle de recyclage aujourd'hui !



SOMMAIRE

INTRODUCTIONP.3-4



OBJECTIFS
HYPOTHÈSES
RÉSULTATS ATTENDUS



EXPÉRIMENTATIONP.5-8



PROTOCOLE
EXPÉRIENCE MENÉE
EXPÉRIENCE LUDIQUE



RÉSULTATSP.9-15



ANALYSE DES RÉSULTATS
PROPOSITION DE VARIANTES
RÉPONSE À L'OBJECTIF INITIAL
CONCLUSION



INTRODUCTION

Le secteur du Bâtiment et des Travaux Publics (BTP) n'est pas un secteur bien vu écologiquement parlant. En effet l'utilisation du béton est très polluante. Il en est d'autant plus lorsque l'on vient à démolir un bâtiment existant qui génère d'énormes quantités de déchets.



Ces déchets pourraient alors être recyclés sous forme de granulats afin d'être utilisés lors de la formulation de nouveaux bétons.

Cela permettrait d'économiser une quantité de ressources en granulats très importantes. Cependant ces granulats naturels récupérés sont enrobés d'une pâte de ciment durcie.

De plus ils possèdent une capacité d'absorption d'eau trop importante, qui ne rendrait pas ce cycle de recyclage des granulats utile et en faveur de l'environnement. En effet, cette absorption entraîne une modification de la formulation du béton. Les granulats recyclés absorberaient trop d'eau et en laisseraient moins au ciment pour durcir.

Afin de palier au problème de maîtrise de l'eau de gachage, il faut pouvoir contrôler leur propriété afin de résoudre l'hétérogénéité de ces granulats recyclés

Nous allons donc nous mettre dans le rôle de chercheur afin de déterminer cette absorption et d'offrir quelques solutions hypothétiques



OBJECTIFS



Pour ce projet, nous avons plusieurs objectifs afin d'essayer de répondre au problème posé :



- Le premier est de déterminer la granulométrie de notre échantillon de granulats recyclés
- Le second est de déterminer l'absorption d'eau des granulats recyclés
- Le troisième est de comparer ces résultats avec la littérature sur les granulats naturels
- Le dernier de nos objectifs est de proposer des solutions pour modifier la quantité d'eau nécessaire pour les granulats recyclés dans un but environnemental et écologique

HYPOTHESES & RESULTATS



Tout d'abord nous nous attendons à ce que les granulats recyclés soient beaucoup plus poreux que les granulats naturels.

Ayant des granulats de tailles différentes nous allons les séparer en 2 groupes de tailles afin d'avoir des résultats en fonction de la taille et de comparer ces dernières.

Nous pensons également que les plus petits granulats absorbent plus d'eau que les plus gros.

Concernant les expériences nous en allons en réaliser deux.

Ces dernières seront des expériences expérimentales avec du matériel plus ou moins adapté avec lequel nous ne pourrions pas contrôler tous les facteurs (température, pression, humidité dans l'air).

Nous allons donc devoir interpréter ces résultats.



EXPÉRIMENTATION

PROTOCOLE

PROTOCOLE EXPERIMENTAL : Issu de la thèse « Maîtrise de l'eau efficace dans les bétons de granulats recyclés » de Eliane KHOURY, publiée en 2018. Et essai d'absorption selon la norme [NF EN 1097-6].

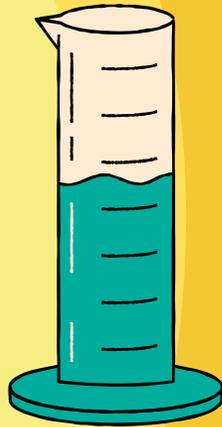
MATÉRIEL

- Une Balance
- 4 Bécher
- Du papier essuie-tout
- Tamis de 63µm à 31,5mm



MATERIAUX

- Granulats recyclés secs (environ 1kg pour faire plusieurs expériences)
- Eau déminéralisée



EXPERIENCE 1 :

>ETAPE 1 : Déterminer la granulométrie des granulats recyclés

On prélève une masse de 1kg de granulats recyclés
A l'aide de tamis on détermine leur granulométrie

EXPERIENCE 2 :

>ETAPE 1

Prélever 4 échantillons (1) de 200g de granulats recyclés de diamètre supérieur à 8mm
Prélever 4 échantillons (2) de 50g de granulats recyclés de diamètre inférieur à 8mm
Les placer dans un bécher
Penser à déduire la masse du bécher lors de la pesée

>ETAPE 2

Introduire les échantillons (1) dans 500mL eau pendant plusieurs durées :
5min / 15min / 30min/ 1H
Introduire les échantillons (2) dans 250mL eau pendant plusieurs durées :
5min / 15min / 30min/ 1H

Mélanger pour permettre aux bulles d'air de s'échapper
Une fois le temps écoulé verser le contenant du bécher dans le tamis le plus fin
Peser l'échantillon : à l'état « saturé et mouillé »

>ETAPE 3

Sécher les échantillons avec du papier essuie-tout
Pour les échantillons (2) les sécher directement dans le tamis pour perdre le moins de matière possible
Jusqu'à l'obtention de l'état « saturé surface sèche », jugé a l'œil

>ETAPE 4

Faire une nouvelle pesée des granulats (masse humide mh)

EXPÉRIENCES MENÉES



1 Détermination de la granulométrie des granulats

- On prélève une masse de 1kg de granulats recyclés
- On place cet échantillon dans le dispositif de tamis visible ci-dessous
- On secoue pendant 5 minutes afin de bien répartir les granulats
- On pèse la masse de granulats obtenus dans chaque tamis afin de déterminer le pourcentage de granulats correspondant à la granulométrie de chaque tamis
- Enfin on sépare les granulats de diamètre supérieur à 8mm et ceux inférieurs pour la prochaine expérience

Photo du dispositif de tamis:



Granulats inférieurs à 8mm:

Granulats supérieurs à 8mm:



1 Prélèvement des échantillons

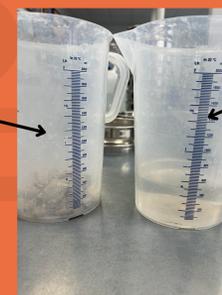
- On décide de prendre des échantillons de différentes granulométries pour comparer les résultats
- On prélève 4 échantillons (1) de 200g des granulats recyclés de diamètre supérieur à 8mm (obtenus auparavant)
- On prélève 4 échantillons (2) de 50g des granulats recyclés de diamètre inférieur à 8mm (obtenus auparavant)
- On place ces échantillons dans des bécher



2 Saturation en eau des granulats

- On prépare 4 béchers remplis avec 500mL d'eau et 4 autres avec 250mL
- On place les 4 échantillons (1) dans les béchers de 500mL d'eau avec chaque bécher correspondant à une durée d'immersion respectivement de : 5 minutes / 15 minutes / 30 minutes / 1 heure que l'on mesure à l'aide d'un chronomètre.
- On répète cette même expérience avec les échantillons (2) cette fois ci dans les 4 béchers avec 250mL d'eau
- Pendant que les granulats absorbent l'eau, on pense à agiter le bécher pour extraire toutes les bulles d'air.
- Une fois le temps écoulé, on retire l'eau en surplus, pour cela on place les granulats dans un tamis plus fin que leur granulométrie
- On effectue une première pesée des granulats à l'état saturés mouillés

Bécher contenant les granulats :



Mélange

Bécher contenant l'eau :



Filtration



Pesée



3

Séchage des granulats

- Une fois les granulats filtrés, on remarque qu'ils sont toujours mouillés et cela est due à la fine particule d'eau présente sur leur surface
- On a donc chercher la meilleure manière de les sécher sans perdre de matière et sans enlever l'eau absorbée
- Pour cela pour les échantillons (1), nous les avons placés dans du papier essuie-tout puis nous avons tapoter légèrement sur leur surface pour enlever l'eau en surplus
- Pour les échantillons (2) nous avons été obligés de directement les sécher dans le tamis pour perdre le moins de matière possible car les plus fines particules collaient au papier
- Enfin on effectue une nouvelle pesée des granulats à l'état saturés (surface sèche)



4

Pesée finale

- On effectue ensuite la pesée finale des granulats à l'état saturé (surface sèche)



Pesée

5

Exploitation des résultats

- On réalise des tableaux regroupant chacun des résultats
- A l'aide de ces tableaux on crée des graphiques nous permettant d'exploiter les résultats (cf partie suivante)

A VOUS DE TENTER L'EXPERIENCE A LA MAISON !



Ce dont j'ai besoin :

- une passoire
- un seau de gravier ou sable
- un filtre a café
- de l'eau
- une balance de cuisine
- du papier essuie tout
- un sèche cheveux
- deux grands bols
- un chronomètre (téléphone)
- Un verre



ETAPE 1 - Prélever des échantillons

- Prendre les bols et y placer 200g de granulats choisis (sable ou gravier) dans chacun, à l'aide de la balance
- Attention: n'oublie pas de tarer le bol

ETAPE 2 - Introduire l'eau

- Afin de mesurer la saturation des granulats on introduit l'eau
- Prendre deux volumes d'eau de 200mL à l'aide du verre (vous pouvez vous aider de la balance 200mL=200g)
- Introduire l'eau dans chacun des bols et lancer le chronomètre
- Remuer le bol pour faire fuir les bulles d'air

ETAPE 3 - Séchage des granulats

- Pour cette étape utiliser une passoire pour les gros granulats (plus gros que les trous de la passoire) et si vous avez utilisé du sable utiliser un filtre à café
- Vous pouvez maintenant peser les granulats à l'état saturé mouillé
- Il faut maintenant sécher les granulats pour obtenir l'état saturé (surface sèche)
- Pour cela pour les plus gros granulats utilisez un sèche cheveux et pour les plus fins simplement du papier essui tout pour ne pas perdre de matière
- Pesez à nouveau les granulats sous ce nouvel état

ETAPE 3 - Exploitation des résultats

- Ce n'est pas fini! Maintenant il faut encore exploiter vos résultats pour devenir de vrais scientifiques
- Pour cela classez vos résultats dans des tableaux puis tracer la courbe d'évolution de l'absorption d'eau
- Si tu as du mal n'hésite pas à te référer à notre expérience ainsi qu'aux résultats
- Enfin, compare tes résultats avec les nôtres afin d'émettre des hypothèses en fonction des éventuels différences

RESULTATS

EXPERIENCE 1 :

TABLEAU DU % DE PASSANT EN FONCTION DES TAMIS

TAMIS (mm)	POIDS (g)	% NON-PASSANT	% PASSANT
31,5	0	0	100
16	370,9	37,09	62,91
8	537,4	53,74	9,17
4	63,7	6,37	2,8
2	3,8	0,38	2,42
1	1,4	0,14	2,28
0,5	2,7	0,27	2,01
0,25	4,9	0,49	1,52
0,125	8,8	0,88	0,64
0,063	4,2	0,42	0,22
< 0,063	2,2	0,22	0
TOTAUX	1000		

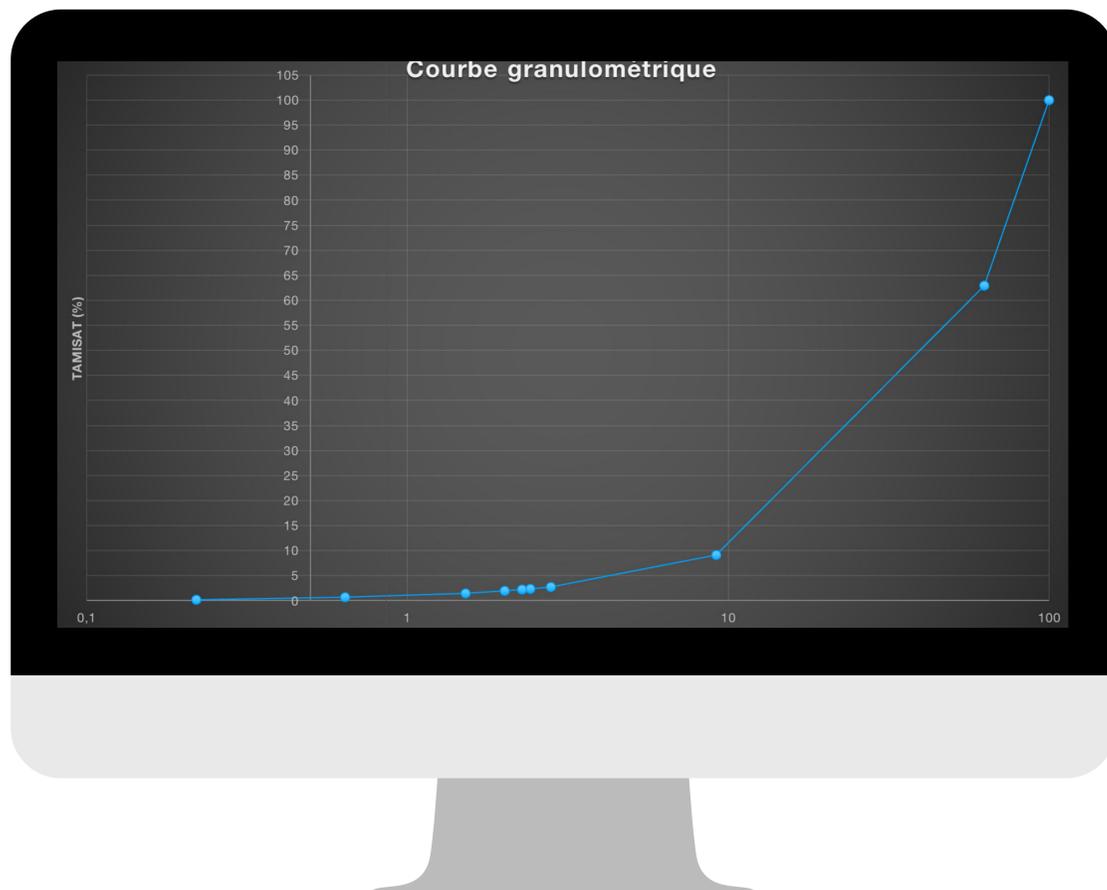
Ici, les colonnes qui nous intéressent pour pouvoir déterminer la courbe granulométrique sont les diamètres des tamis (colonne "TAMIS (mm)") et le pourcentage de passant (colonne "% PASSANT").

Afin de comprendre et d'interpréter ces résultats, nous allons réaliser une courbe granulométrique.



Juste en observant la dernière colonne du tableau on observe que la majorité des granulats ont une taille supérieure à 8mm.

COURBE GRANULOMETRIQUE DES GRANULATS RECYCLES



EXPERIENCE 2 :

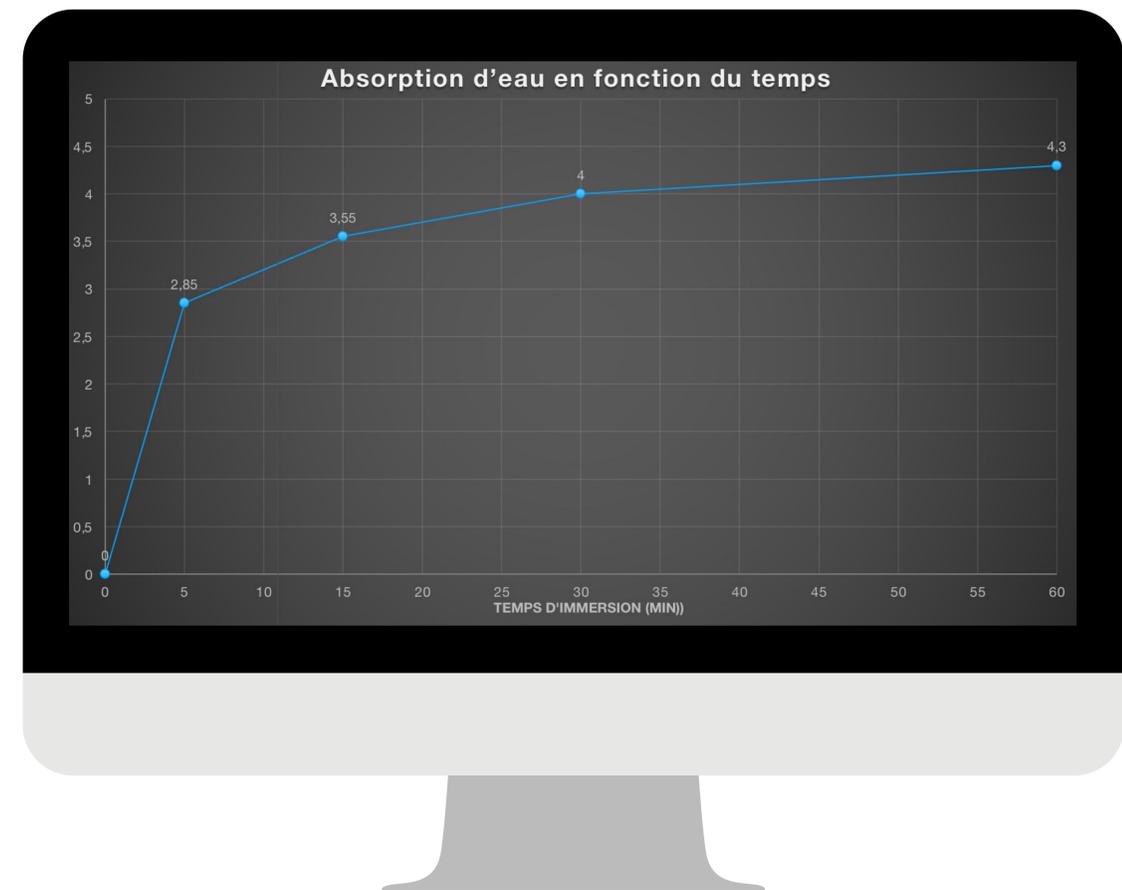
GRANULATS AVEC DIAMETRE > 8MM, DIS DE "GROSSE TAILLE"

TABLEAU RECAPITULATIF DE L'EXPERIENCE SUR L'ABSORPTION DES GRANULATS (>8MM)

Temps (min)	Granulats 8mm < Ø < 31,5mm				
	Poids Mouillé (g) AVEC Tamis et récipient	Poids Mouillé (g) SANS Tamis et récipient	Poids après séchage (g) SANS Tamis et récipient	Masse d'eau présente (g)	Pourcentage d'absorption Meau - Mgranulat
0	0	0	0	0	0
5	804,8	221,7	205,7	5,7	2,85
15	807,2	224,1	207,1	7,1	3,55
30	806,9	223,8	208	8	4
60	805,8	222,7	208,6	8,6	4,3

On remarque que le pourcentage d'absorption le plus élevé est de 4,3 %

COURBE DE L'ABSORPTION D'EAU EN FONCTION DU TEMPS D'IMMERSION DANS L'EAU (>8MM)



En analysant la courbe, on remarque que l'absorption d'eau par les granulats se fait principalement pendant les 15 premières minutes ou les granulats absorbent jusqu'à presque 4% de leur masse en eau.

Au bout d'une demi heure l'absorption a tendance à se stabiliser puis stagner aux alentours de 4,5%



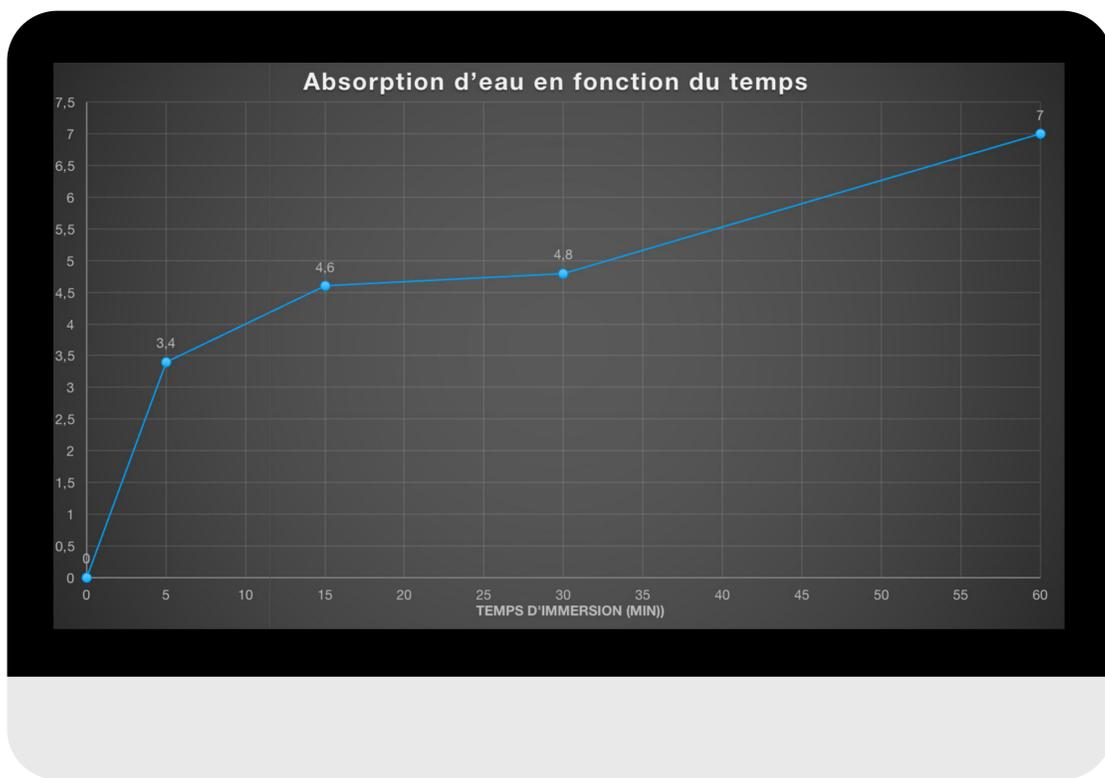
GRANULATS AVEC DIAMETRE < 8MM, DIS DE "PETITE TAILLE"

TABLEAU RECAPITULATIF DE L'EXPERIENCE SUR L'ABSORPTION DES GRANULATS (< 8MM)

Granulats Ø < 8mm					
Temps (min)	Poids Mouillé (g)	Poids Mouillé (g)	Poids après séchage (g)	Masse d'eau présente (g)	Pourcentage d'absorption
	AVEC Tamis et récipient	SANS Tamis et récipient	SANS Tamis et récipient	Poids apres séchage - 50g	Meau - Mgranulat
0	0	0	0	0	0
5	640,7	57,6	51,7	1,7	3,4
15	642,4	59,3	52,3	2,3	4,6
30	642,9	59,8	52,4	2,4	4,8
60	644,7	61,6	53,5	3,5	7

On remarque que le pourcentage d'absorption le plus élevé est de 7 %

COURBE DE L'ABSORPTION D'EAU EN FONCTION DU TEMPS D'IMMERSION DANS L'EAU (<8MM)



Ici, on remarque que même au bout d'une l'absorption continue d'augmenter. Avec cette expérience expérimentale nous ne pouvons pas déterminer le temps à partir du quel l'absorption arrive à sa limite



ET SI ON COMPARAIT NOS RESULTATS ?



POURQUOI Y-A-T-IL DES DIFFERENCES ENTRE LES COURBES DES PETITS ET GROS GRANULATS ALORS QU'IL S'AGIT DE LA MEME EXPERIENCE ?



En regardant nos deux courbes d'absorptions, nous pouvons voir qu'elles n'ont pas la même allure. Nous pouvons expliquer cette différence.



En effet, les gros granulats laissent de gros vides entre eux. Ainsi lors du séchage, l'eau ne peut y rester coincé. L'absorption mesurée correspond donc bien à l'eau qu'a absorber le granulat dans ses propres vides.

Les petits granulats, eux sont beaucoup plus petits et donc plus nombreux. Il y a alors plus de vides qui sont également plus petits. Ainsi l'eau comble non seulement les vides interne des granulats mais également les vides entre ces granulats. L'eau y reste donc "coincé".

C'est pour ces raisons qu'il y a des différences de valeurs d'absorption et d'allures de courbes, de plus il s'agit aussi d'expériences expérimentales. Ici nous ne pouvons pas contrôler tous les paramètres tels que l'humidité, la pression, la température... dans la pièce



COMMENT AURIONS PU AVOIR DES RESULTATS MOINS EXPERIMENTAUX ?



Tout d'abord, comme évoqué ci-dessus, si nous avons pu contrôler certains paramètres l'expérience auraient bien plus précise.

Cependant, nous avons fait le choix de sécher nos granulats avec de l'essui tout. Nous avons pensé à d'autres techniques mais qui allaient également poser des problèmes :

- Séchage au four : cela aurait été une bonne solution pour les granulats de petits diamètres. Mais il aurait fallu déterminer une durée précise dans le four afin de ne pas faire évaporer l'eau à l'intérieur du granulat.

- Séchage au sèche cheveux : Bonne solution pour les granulats de gros diamètres mais nous aurions eu des problèmes en séchant ceux de petits diamètres qui se seraient envolés dans toute la pièce.

- Séchage à l'essui tout: Il s'agit de la méthode que nous avons choisi. Elle a été une bonne solution pour les granulats de gros diamètres car la corube est assez correcte. Cependant, la solution n'a pas été optimale pour ceux de petits diamètres car des granulats sont restés accrochés au papier. La masse pesée n'était donc plus exacte à 100%.

COMPARAISON AVEC LA LITTÉRATURE

Granulats naturels :

Un de nos objectifs est de déterminer le pourcentage d'absorption de l'eau des granulats recyclés, dans le but de comparer cet élément avec celui des granulats naturels. N'ayant pas réalisé d'expérience avec les granulats naturels, nous avons recours à la littérature existante sur ces derniers pour avoir un élément de comparaison à notre expérience.

Voici donc les résultats d'expérience recensés que nous avons pu trouver :

Résultats témoin de granulats naturels :

Sable calcaire concassé	
Granulométrie (mm)	Absorption d'eau %
1-2	2,83
2-3,15	2,78
2-3,15	2,87
2-3,15	3,21
3,15-4	3,22
1-4	2,68
0-4	2,85
0-4	2,69
Moyenne	2,89

Résultats de notre expérience sur granulats recyclés :

Granulats Ø < 8mm		
Poids après séchage (g)	Masse d'eau présente (g)	Pourcentage d'absorption
SANS Tamis et récipient	Poids après séchage - 50g	Meau - Mgranulat
0	0	0
51,7	1,7	3,4
52,3	2,3	4,6
52,4	2,4	4,8
53,5	3,5	7

Les résultats ci-dessus montre qu'à granulométrie équivalente (<8mm), l'absorption de l'eau est en moyenne 2,4 fois plus élevée à terme.

Pour avoir une estimation plus fiable, comparons à une autre expérience réalisée trouvée :

Caractéristiques	Type de granulats					
	Gravier témoin (5/25)	Gravier recyclé (5/25)	Gravillon témoin (0/6,3)	Gravillon recyclé (0/6,3)	Sable 2 (0/5)	Sable 1 (0/5)
Densité apparente	1,64	1,42	1,54	1,45	1,57	1,45
Densité brute	2,52	2,29	2,50	2,33	2,21	2,44
Densité sss	2,54	2,39	2,56	2,45	2,37	2,49
Pourcentage d'absorption(%)	0,63	4,62	2,48	5,30	6,80	2,02
Pourcentage d'usure(%)	37,07	40,00	21,31	30,87	—	—

Dans cette expérience, il est comparé deux granulométries (un sable et un gravier) recyclés à deux autres recyclés. On constate que les granulats recyclés sont beaucoup plus absorbants et consommateur en eau que les autres.

On peut donc confirmer l'exactitude des résultats utilisés précédemment, tout comme celle de nos propres résultats avec cette seconde expérience.

Nos valeurs d'absorption étant vérifiées, nous pouvons désormais nous concentrer sur la comparaison des granulats recyclés avec d'autres parmi la littérature existante. C'est ce à quoi nous allons nous intéresser maintenant.

Naturels

Recyclés

COMPARAISON AVEC LA LITTÉRATURE



Granulats recyclés avec un diamètre 3/8 et 8/16 :

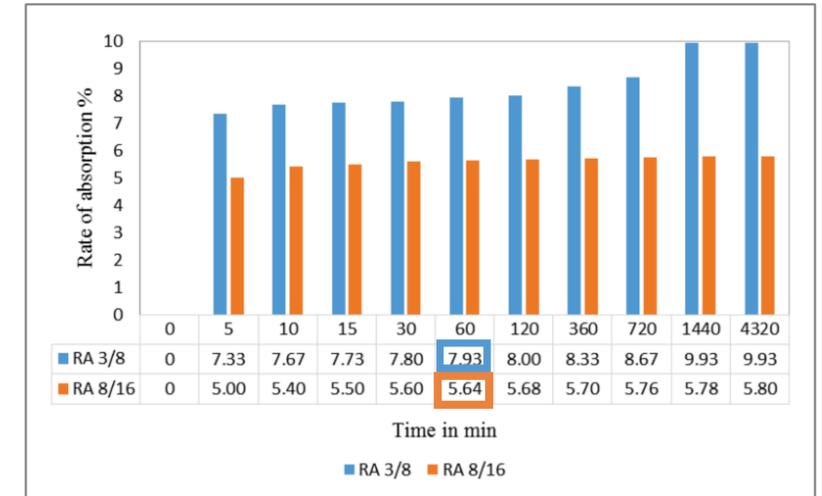


Fig 4- Diagram of water absorption according to time

Granulats Ø < 8mm					
Temps (min)	Poids Mouillé (g)	Poids Mouillé (g)	Poids après séchage (g)	Masse d'eau présente (g)	Pourcentage d'absorption
	AVEC Tamis et récipient	SANS Tamis et récipient	SANS Tamis et récipient	Poids après séchage - 50g	Meau - Mgranulat
0	0	0	0	0	0
5	640,7	57,6	51,7	1,7	3,4
15	642,4	59,3	52,3	2,3	4,6
30	642,9	59,8	52,4	2,4	4,8
60	644,7	61,6	53,5	3,5	7

Granulats 8mm < Ø < 31,5mm					
Temps (min)	Poids Mouillé (g)	Poids Mouillé (g)	Poids après séchage (g)	Masse d'eau présente (g)	Pourcentage d'absorption
	AVEC Tamis et récipient	SANS Tamis et récipient	SANS Tamis et récipient	Masse d'eau présente (g)	Meau - Mgranulat
0	0	0	0	0	0
5	804,8	221,7	205,7	5,7	2,85
15	807,2	224,1	207,1	7,1	3,55
30	806,9	223,8	208	8	4
60	805,8	222,7	208,6	8,6	4,3

Nous avons donc comparé nos résultats d'absorption de nos granulats recyclés avec la littérature existante sur le sujet.

Comme nous pouvons l'observer sur le diagramme, plusieurs points sont communs à nos attentes et aux résultats :

- Les granulats les plus fins absorbent davantage d'eau, (tout comme les granulats naturels). En effet, plus le granulat est fin, qu'il soit d'origine naturelle ou recyclée, et plus il y a de la surface à enrober. De plus, les écarts de résultats avec l'expérience témoin sont dus au fait que les petits granulats sont plus difficiles à sécher car très volatiles.
- De plus, notons que l'absorption des granulats recyclés est plus importante qu'un granulat naturel, ce à quoi nous nous attendions également, et que nous avons pu constater lors de notre propre expérience.

Nous pouvons donc confirmer l'exactitude de nos résultats sur ces éléments par comparaison, malgré la différence de quelques valeurs qui est due aux conditions expérimentales de l'expérience.

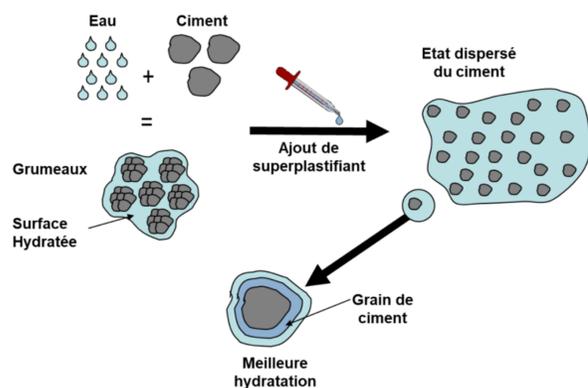
CONCLUSION

MAIS ALORS, QUELLES SOLUTIONS S'OFFRENT À NOUS POUR RÉDUIRE CETTE CONSOMMATION D'EAU PAR LES GRANULATS RECYCLÉS ?

Une des caractéristiques que nous retrouvons systématiquement avec les granulats recyclés est sa grande porosité. C'est alors en agissant sur ce paramètre que nous pourrions essayer de réduire l'absorption.

Dans ce contexte, il est alors possible de :

- Créer une barrière étanche autour de chaque granulats pour éviter la sur-absorption.
- Une autre solution consisterait à "trier" l'eau absorbée en dirigeant l'eau de gâchage davantage vers le ciment. Ceci pourrait se faire par ajout d'un adjuvant plastifiant ou superplastifiant, qui permet d'hydrater de façon plus homogène les grains. Ces adjuvant ont un rôle de réducteur d'eau car l'hydratation est de meilleure qualité :



- Pré-saturer les granulats en les hydratant avant la mise en oeuvre des autres constituants du béton formulé. Ceci éviterait aux granulats recyclés de consommer l'eau de gâchage destinée à la prise du béton (principalement par l'action eau + ciment), puisque ces derniers seront déjà saturés.

Pour finir, ce travail de recherche nous a permis de voir et de comprendre ce qu'un chercheur doit faire. En effet nous avons du émettre des hypothèses, définir un protocole, réaliser des expériences où nous en avons tirer des résultats. Nous avons également dû trouver des solutions hypothétiques afin de répondre au problème posé.

Ce travail nous a donc permis de voir l'ensemble d'un projet. Nous tenons également à remercier Madame SALEM qui nous a accompagné lors des expérimentations.

BIBLIOGRAPHIE

E. KHOURY, *MAÎTRISE DE L'EAU EFFICACE DANS LES BÉTONS DE GRANULATS RECYCLÉS* (2018) ET ESSAI D'ABSORPTION SELON LA NORME [NF EN 1097-6].

T. GUERZOU, M. ABDELKADER, J.-P. CASTRO-GOMES, *INFLUENCE OF PRE-SATURATION OF RECYCLED AGGREGATES ON CONCRETE WORKABILITY AND STRENGTH* (2019), INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING RESEARCH IN AFRICA.

J. NAEL-REDOLFI, *ABSORPTION D'EAU DES GRANULATS POREUX : MESURE ET CONSÉQUENCES SUR LA FORMULATION DES MORTIERS ET DES BÉTONS. MÉCANIQUE DES MATÉRIEAUX [PHYSICS.CLASS-PH]* (2016). UNIVERSITÉ PARIS-EST.

G. S. KPAVODE, *POSSIBILITES D'UTILISATION DES GRANULATS RECYCLES ISSUS DES BÉTONS DE DECONSTRUCTION* (2010). UNIVERSITE D'ABOMEY- CALAVI (UAC) - ECOLE POLYTECHNIQUE D'ABOMEY-CALAVI (EPAC).

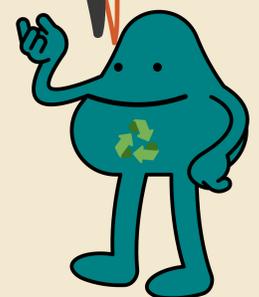
H.Z. BENDIMERAD, E. ROZIÈRE, A. LOUKILI, *CINÉTIQUES D'ABSORPTION DES GRANULATS NATURELS ET RECYCLÉS* (2014). ECOLE CENTRALE DE NANTES.

IR C. PLOYAERT, *DURABILITÉ DES BÉTONS PAR LA MAÎTRISE DE L'ABSORPTION D'EAU*, (2008) FÉDÉRATION DE L'INDUSTRIE CIMENTIÈRE BELGE.

Mots mêlés

J L O S Y V M H E T N U K O A
 G U I R F U J G Q A O T M P D
 N C G A R J A E R M T I P Z J
 I O R K N L J U Q I E P A T U
 Y B C O C T A N B S B M V P V
 R D R Y A B S O R P T I O N A
 N E C U S E Z H C Y V T L G N
 P E I A A E T I U D N E Q R T
 R M B D H I M Z T M V R R A X
 N L Q C A E R W G I A E E V I
 E V L L N R V É W P I I L I R
 P O R T L A N D T V H T L L K
 A G R É G A T S A A J R A L W
 S T A L U N A R G P M O D O R
 O R O M Q X G D F V C M V N J

Retrouve le vocabulaire des expériences menées



absorption
agrégats
béton
dalle
ciment
granulats
liants
mortier
Portland
sable
recyclage
tamis
radier
mortier
gravillon
enduit
béton
agrégats

PROCHAINE SORTIE

LA REVUE SCIENTIFIQUE

JUIN 2022

4

JEU POUR
DÉCOUVRIR LE
SUJET

LE CERVEAU
ANIMAL
DES PERFORMANCES
ETONNANTES

LES MUTATIONS
DU CERVEAU

PAGE 6: TENTE
L'EXPÉRIENCE !

À NE PAS
RATER

M 0273 337 - F. 3,50 €



LAREVUESCIENTIFIQUE.FR

PIERRE LE NOUY / THOMAS KLIEBER / DORYAN LIEGARD / MAXENCE RODES